

VOLUME 4. NUMBER 2.

FEBRUARY 1931

CEMENT

AND

CEMENT MANUFACTURE

THE INTERNATIONAL FOUR-LANGUAGE CEMENT JOURNAL

MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR: S. G. S. PANISSET.

ENGLISH SECTION

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Published on the 20th of each Month. Price 2s. a copy. Annual Subscription 24s. post free.

| | |
|---------------------------|-----------|
| PARTIE FRANCAISE | PAGE 177 |
| DEUTSCHER TEIL | SEITE 205 |
| SECCIÓN ESPAÑOLA | PÁG 231 |

Free Lime in Cement.

THE Building Research Station has published a method* of determining free hydrated lime in set cement. Although this is a discovery of some importance it is probably only the beginning of an investigation which may lead to means of estimating the rate of hydration of compounds in cement and the degree to which the cement has been hydrated. This should be of great assistance to those who have to investigate cement complaints and who are often baffled in their attempts to discover why certain concretes fail to harden. The method consists in heating two samples of the set cement to 350 deg. C. and 550 deg. C. respectively, and then determining the heat evolved by each of the heated samples on quenching in water. The difference between the two results is a measure of the hydrated lime present in the original samples. The bases of the process are the facts—ascertained by experimental work at the Building Research Station—that when heated to 350 deg. C. set cement loses all its water content except that combined as calcium hydroxide, which compound is entirely dehydrated between 350 deg. C. and 550 deg. C. Hence upon rehydration in a calorimeter the sample heated to 550 deg. C. evolves heat due to combination of quicklime and water plus hydration of some of the cementitious compounds, and as this latter heat evolution can be measured by rehydrating the sample heated to 350 deg. C. the net amount of heat attributable to the free lime is obtained by subtraction. The heat of combination of lime and water being well established it is then easy to calculate the percentage of free lime. The technique of the process is clearly described in the pamphlet, together with some small correction factors which are necessary. It may well

* Building Research Technical Paper No. 9. Published by H.M. Stationery Office, London, price 6d.

be asked why the loss on ignition of set Portland cement between the temperatures of 350 deg. C. and 550 deg. C. is itself not a sufficient indication of the proportion of calcium hydroxide present. The pamphlet states that the magnitude of the loss on ignition corresponds to the calcium hydroxide content, but no explanation is given for the apparent necessity of applying the delicate heat evolution determination and ignoring the loss on ignition result. On consideration it will be realised that the principle of making deductions from a study of the curve relating the loss on ignition of set cement with temperature can be extended to the ranges of temperature below 350 deg. C. and above 550 deg. C., and thus the proportions of the important constituents of cement that have become hydrolysed may be revealed.

A reliable method for the determination of free lime in unset cement has been sought for many years with the object of establishing a definite chemical test for soundness to replace or supplement the hot-water tests which have only an empirical basis. The research workers of the American Portland Cement Association have published details of a method[†] which they admit cannot be checked for its absolute accuracy and which with a free lime content of 2 per cent. may have an error of plus or minus 0.3 per cent. The method consists in dissolving the free lime in the cement in a hot solvent of glycerol and alcohol and titrating the solution with a standard alcoholic solution of ammonium acetate. The time required for the determination varies from three to eight hours, and for this reason it is not likely to be adopted as part of cement works routine. Generally speaking the method is only applicable to unground clinkers, because almost all commercial cements contain some free lime formed by the partial hydration of the cement due to absorption of water from gypsum and elsewhere, and it is impossible by the method described to distinguish between this hydrated lime and the uncombined lime due to faulty manufacture. Hence it seems that the chemical means of measuring unsoundness in cement has still to be found.

[†] Portland Cement Association Fellowship. Paper No. 23. U.S. Bureau of Standards, Washington, U.S.A.

Imports of Cement into Brazil.

THE following are the official figures showing the importation of cement into Brazil for the years 1928 and 1929. The imports from various countries are given in tons and as a percentage of the total.

1928.—From Germany, 103,961 tons (22.79 per cent.); from Belgium, 85,010 tons (18.63 per cent.); from Denmark, 101,725 tons (22.30 per cent.); from United States, 3,999 tons (0.87 per cent.); from France, 10,302 tons (2.26 per cent.); from England, 60,837 tons (13.33 per cent.); from Holland, 2,656 tons; from Italy, 6,365 tons (1.4 per cent.); from Norway, 5,706 tons (1.2 per cent.); from Canada, 850 tons; from Switzerland, 52,237 tons (11.45 per cent.); from Uruguay, 462 tons; from Poland, 22,025 tons (4.83 per cent.); from other countries, 71 tons. Total, 456,212 tons.

1929.—From Germany, 121,575 tons (22.71 per cent.); from Belgium, 125,024 tons (23.35 per cent.); from Denmark, 111,860 tons (20.89 per cent.); from United States, 3,897 tons (0.73 per cent.); from France, 12,866 tons (2.40 per cent.); from England, 64,927 tons (12.13 per cent.); from Holland, 2,285 tons; from Italy, 11,592 tons (2.16 per cent.); from Norway, 11,761 tons (2.19 per cent.); from Canada, 850 tons; from Switzerland, 56,725 tons (10.59 per cent.); from Uruguay, 343 tons; from Poland, 11,534 tons (2.15 per cent.). Total, 535,276 tons.

Shaft or Rotary Kiln?

By Rudolf Zollinger (Hanover).

MUCH has been written as to whether the shaft or the rotary kiln can claim superiority, but unfortunately those most fitted to judge, namely, the cement manufacturers, have to a great extent withheld their opinion, and have allowed the question to be fought out by the plant manufacturers. Neither of the two types of kiln possesses absolute superiority, but each has its advantages under certain conditions. When studying cement literature one finds both condemnation and the highest praise for each kiln, according to whether the writer is engaged in the manufacture of rotary or shaft kilns. Anyone who has had practical experience of both types of kiln finds it difficult to understand this controversy, which has unfortunately caused a great deal of confusion. In this article an attempt is made to do justice to both kilns, and it may be pointed out that the author has had practical experience of both systems and is entirely unbiased.

Where local conditions render either type of kiln possible, a decision should be made in favour of the shaft kiln when the required output is less than 100 tons per day. The shaft kiln is always more economical for outputs of this magnitude. As the required output increases the position slowly changes, so that for moderate values the two can work with equal efficiency, but at higher outputs, up to the highest possible, the rotary kiln is unquestionably the more economical. This economical superiority of the rotary kiln for the higher outputs is scarcely denied, even by the advocates of the shaft kiln. The limiting output in different cases is a matter for calculation, and depends on the most diverse factors. By carefully selecting the fuel, close attention to kiln control, and by the most complete utilisation of waste heat—either for power or merely for drying—the economy of the rotary kiln can be more or less improved. It must, however, be admitted that even to-day the greatest weakness of the rotary kiln is its high fuel consumption.

In the recent Lepol kiln a new aspect has been given to the development of the rotary kiln which raises great hope for the future. The Lepol kiln is not ideal, but it is of great value in that it breaks new ground. This development, however, is not yet final, and for the present we must deal only with existing conditions. Even if the rotary kiln should develop further in this direction it will always be inferior when small outputs are required, although the output value at which the economy of the two types of kiln becomes equal will move in favour of the rotary kiln.

As regards the quality of the burnt product, until recently shaft-kiln clinker was greatly inferior to rotary clinker, since the shaft kiln always produced more or less underburnt material. The development of the shaft kiln in the direction of high output has greatly improved this position, though even to-day it is doubtful whether it is possible to produce a shaft-kiln clinker equal in all respects to that produced by the rotary kiln. A wet-process rotary clinker is probably unsurpassed by any shaft-kiln clinker, however well burnt. Whether time can effect a further levelling up in this respect it is difficult to say, but to my mind it is very doubtful.

It cannot, however, be said that shaft-kiln clinker is of poor quality. On the contrary, it is readily possible to produce good cement in the shaft kiln, even though the quality may not attain to that of rotary-kiln cement. The reason for this is inherent in the shaft kiln, in which burning must always be carried out more or less blindly. The results are only seen after several hours,

when it is too late to make adjustments. And herein lies the enormous advantage of the rotary kiln, that the material is constantly in view, and by regulating the coal feed, kiln speed, air supply, and flame direction it is possible to burn each part of the mix individually, a matter of immense importance in burning material which may have considerable variations in composition. With uniform raw material this point is of less importance, but none the less it constitutes a very great advantage of the rotary kiln. For this reason, also, the construction in which the cooler is a continuation of the kiln may not be ideal, since the unavoidable dust and the greater distance of the operator from the material prevent him from seeing it, and in part destroy the great advantage of being able to adjust the burning to individual conditions.

Further, the rotary kiln is of importance in the case of materials whose clinkering and fusion temperatures lie closely together. Such mixtures can be most satisfactorily burnt in the rotary kiln, while in the shaft kiln they give rise to difficulties and may cause sudden stoppages. While, however, the sensitivity of rotary-kiln burning is an immense advantage, it may on the other hand constitute a serious disadvantage and give rise to great trouble if the kiln is in the hands of an inefficient burner. Too frequent regulation, and above all inexpert regulation, cause the formation of slurry rings and clinker rings. The rotary-kiln burner must use his intelligence much more than his colleague on the shaft kiln, whose duties are much easier when his raw materials are well suited to his kiln.

In all cases in which cheap crude oil or gas is available the rotary kiln must be chosen. In the same way, when the price of coal is high, the rotary kiln with its high coal consumption will hardly be chosen, unless there are very special reasons for its adoption.

It must be admitted that the problem of whether to install the rotary or the shaft kiln cannot have a hard and fast solution. The best results will be achieved by those who base their decision upon a statistical study of the problem, which cannot go too far into fundamentals. Many kilns, both rotary and shaft, have been installed which are running under wrong conditions and giving rise to dissatisfaction which might easily have been avoided.

Apart from the chemical and economical points of view, there are other factors which may compel the adoption of one or the other type of kiln. Lack of water, for instance, will decisively rule out the rotary kiln so far as concerns the wet process, for which it is chiefly designed. The transport question is another factor, and it must be remembered that an installation to produce 70 to 80 tons of cement a day with a rotary kiln would weigh about 1,000 tons, with individual parts weighing up to 30 tons; this would give rise to very difficult and costly transport problems in countries without modern facilities.

When transport is difficult it is important that the individual parts should be as small as possible, and the shaft kiln may therefore be recommended so as to avoid the transport of the inconvenient rotary kiln sections. On the other hand a shaft kiln would hardly be installed in tropical districts if it could be avoided, since the downpours of the rainy season make it necessary to dry the raw materials. A plant which can only be utilised thus inefficiently can hardly be recommended, more particularly as the position cannot be improved by installing machinery to short-circuit the drying plant in the dry season, but is, on the other hand, thereby rendered more uneconomical. Thus the wet process must be adopted in these circumstances.

In conclusion it may again be said that both the rotary and the shaft kiln have their advantages, and in its proper place each is invaluable. It falls to the expert to decide which type of kiln to instal in different cases.

Measuring and Recording Instruments for Rotary Kilns.—I.

By A. C. DAVIS, M.I.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.

(Works Managing Director, Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.).

THE production of cement clinker in a rotary kiln, from raw materials prepared by either the wet or dry process, involves the combination of four stages of the process in one piece of apparatus. These stages are:

- (1) Drying the raw material (in the so-called dry process the prepared raw material enters the kiln in a slightly damp condition).
- (2) Heating the raw material to the temperature at which carbon dioxide is driven off.
- (3) Further heating the material until all the carbon dioxide is driven off with the formation of calcium oxide.
- (4) Raising the temperature of the calcium oxide in the presence of the argillaceous constituents of the mix to the point when incipient fusion takes place.

Modern methods of manufacture involve the scientific control of the burning operation, and there is ample evidence that such control has a marked effect on efficiency and economy. There are many points at which it would be desirable to measure the temperature or other factors concerned in this series of operations, but practical difficulties have up to the present limited the possibilities of such measurements.

Owing to the form of construction of a rotary kiln and the nature of the material dealt with, it is practically impossible to make use of scientific instruments for observing and controlling the second and third stages of the process. It has therefore been necessary in practice to confine attention to the two ends of the kiln, namely, the relatively cool end where the raw material is fed in and the hot end where combustion of the fuel and incipient fusion of the materials take place and the clinker passes out.

Dealing first with the cool end, the observations and measurements which are desirable are

- (1) Temperature of the exit gases.
- (2) Composition of the exit gases.
- (3) Quantity of the raw material fed into the kiln.
- (4) Percentage of moisture in the raw materials.
- (5) Quantity of dry raw materials carried away with the exit gases.
- (6) The draught in the back-end due to chimney or fan.

At the hot end of the kiln control instruments may be usefully employed for

- (1) Temperature of the clinker in the zone where incipient fusion takes place.
- (2) Pressure of the air in the kiln hood and firing pipe.
- (3) Weight and rate of feed of fuel, whether pulverised coal or oil.
- (4) Quantity of primary air used for conveying the pulverised coal into the burning zone.
- (5) Temperature of the clinker leaving the cooler.
- (6) Temperature of the kiln and cooler shells.
- (7) Weight of clinker produced.

It is proposed to deal in some detail with the various instruments that are available for the purposes enumerated.

Temperature Measurements.

The temperature of the exit gases varies from 400 deg. F. or less in the modern wet-process kiln to 1,200 deg. F. or more in a dry-process kiln. For ascertaining the lower range of temperature it is possible to use a nitrogen-filled mercury thermometer or vapour-tension thermometer. Both these types of instruments are relatively delicate and are liable to become damaged if heated beyond the maximum temperature for which they are calibrated.

For the higher range of temperature another means of measurement is essential, and experience has shown that it is better to use for the lower range also an instrument which will stand up better to the excesses of temperature and the arduous conditions imposed by rotary kiln practice.

The thermo-electric pyrometer is an instrument which can be made to stand up satisfactorily to the heavy duties which industrial conditions impose and it has been extensively adopted in the cement industry. A pyrometer equipment consists of a thermo-couple and an indicator or recorder, operated by the electrical energy produced when the thermo-couple is heated. The thermo-couple consists of two strips of dissimilar metals or alloys which, when brought into intimate contact at a point and heated, produce a difference of electrical potential at the other extremities of the strips. When a galvanometer or millivoltmeter is placed in circuit across the cool end of the two metals composing the couple, an electric current will flow and cause the needle of the instrument to be deflected. The amount of deflection will depend entirely on the temperature difference between the hot and cold ends of the couple, as the greater the difference the higher is the electric motive force and therefore the current which will flow. The electric motive force set up by this means may be anything up to 60 millivolts, depending on the temperature and the metals used for the couple. It is usual for the galvanometer or millivoltmeter to be calibrated so as to read direct in degrees of temperature. This is the simplest form of thermo-electric pyrometer, but in practice it is necessary to add many refinements before a reliable and robust equipment is available.

The thermo-couple may be constructed of many pairs of different metals or alloys, and these group themselves into two classes, namely, those constructed of "rare" metals (as platinum, iridium, rhodium, etc.), and those in which is used the "base" or cheaper materials such as iron, copper, chromium, and nickel. For many industrial purposes, particularly cement works use, couples constructed of "base" metals are employed, the usual combination being iron and a copper alloy known as constantan. The couple usually takes the form of a tube about $\frac{1}{8}$ in. diameter made of iron with a constantan wire running through the centre and welded into one end of the tube to seal it. At the other end, which is the cool end, the tube and constantan wire are brought out to separate terminals mounted on an insulated head. The insulating material should preferably not be of porcelain or other brittle material which is liable to break if the thermo-couple is dropped. The constantan wire must be prevented from touching the tube between the thermo-junction and the head, and insulating beads, porcelain tubes or asbestos is used to prevent this when the wire is not stiff enough to do so.

It is not proposed to deal here at great length with all the technical details and refinements which are embodied in the modern thermo-couple, but the following is a short description of the principle involved. In the simple form of pyrometer already described changes of temperature at the hot end would result in changes of temperature at the cold end. The measuring instru-

ment would also be affected by changes of temperature, as the conditions would rarely be similar to those under which the outfit was calibrated. Variations in temperature such as these would upset the calibration of the equipment owing to changes in the electrical resistances of the circuit, and to overcome this difficulty it is necessary to place in series with the instrument a ballast resistance of high value so that in comparison the changes in resistance due to external causes are small. At the cold junction the difficulties due to change of temperature are overcome by means of what is termed a compensating extension. This takes the form of a cable, the conductors of which are made of metals thermo-electrically interchangeable with the couple, connected in series with and between the couple and instrument. The effect of this is to remove the cold junction to a point where it will not be affected by changes of temperature at the hot end of the thermo-couple. The leads of the com-

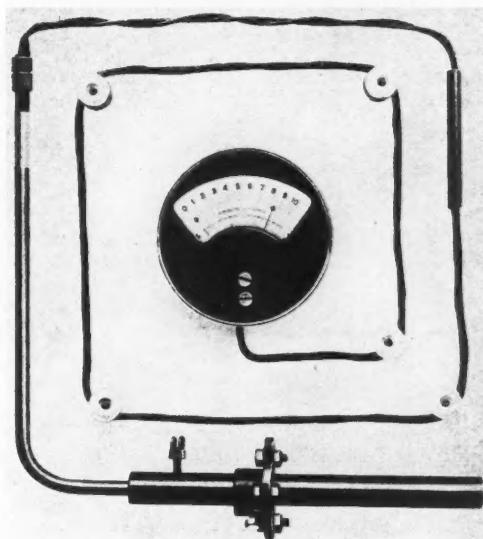


Fig. 1.

pensating extension may be taken right up to the measuring instrument, but more usually, particularly where the distance is considerable, copper leads are used between the end of the compensating extension and the instrument. The length of the leads may be anything in reason, and frequently on a cement works are as long as half a mile. Fig. 1 shows the component parts of an indicating pyrometer consisting of sheathed stem, compensating extension, copper leads and indicator.

One advantage of the thermo-electric pyrometer over the gas-filled mercury thermometer and other modifications of the mercury in glass or steel thermometer, or vapour-tension thermometer, is that having once converted changes of temperature at one point to changes in electrical potential at another and distant point it is possible to place the indicating or recording instruments in almost any position.

The usual lay-out of a thermo-electric pyrometer equipment on a cement works includes an indicating instrument on the firing floor of the kiln for the use of the operator, and a recording instrument situated either in the manager's or foreman's office. A single point recorder with circular chart is illustrated by Fig. 2.

There are generally other temperatures than the exit gas temperature which require measurement. In such cases it is usual to provide a multi-point switch which enables the operator to select the temperature point he desires. The recorders are supplied with multi readings up to four on one chart, different

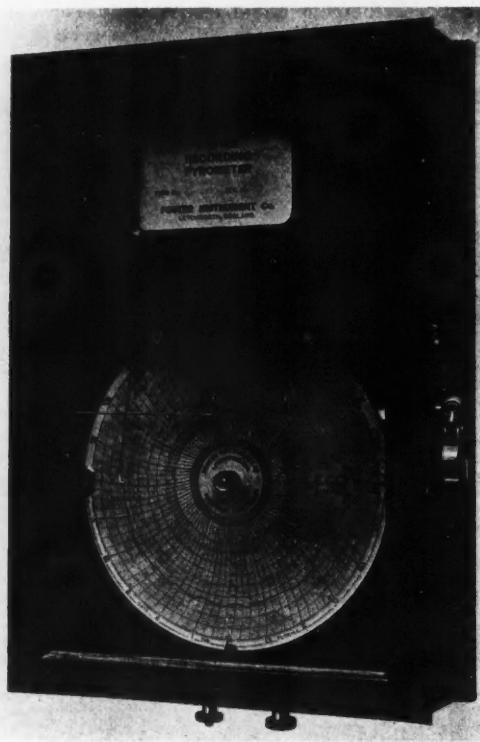


Fig. 2.

coloured inks being employed to distinguish the several points of temperature measurement. Where there are more than four points requiring to be recorded at the same time it is usual to have additional recorders, but if only four records are required of an equipment with more than four points, then a plug-type switchboard can be used. This allows any one of the four ways on the recorder to be connected to any circuit. A typical instrument of this type is shown in Fig. 3. Fig. 4 shows a two point strip type chart recording pyrometer and Fig. 5 a recorder with two charts each for three records.

In the selection of the most suitable position and method of arranging the



Fig. 3.

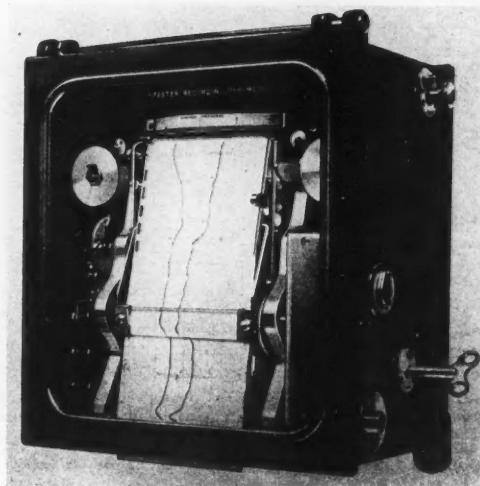


Fig. 4.

various parts of the pyrometer equipment, where possible the couple should be positioned so that it hangs vertically downwards, but if a horizontal position has to be selected then a supporting tube should be arranged to come within about 12 inches of the hot end.

In rotary kiln practice it is difficult to select a position which will give the average temperature of the gases it is required to measure. In the back end of the kiln there is considerable turbulence of the gases, and to find the point of average temperature it is necessary to take a number of readings in both the vertical and horizontal planes in the path of the gases and to plot the temperature distribution.

Care has to be exercised to avoid placing the end of the couple where it can lose heat by radiation or conduction to a near object, such as the slurry

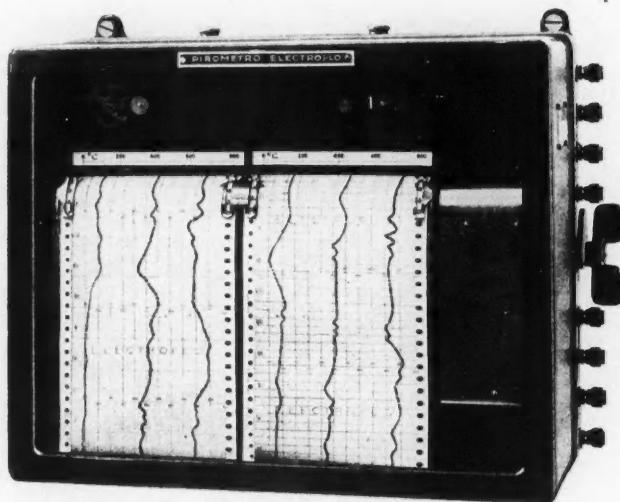


Fig. 5.

feed-pipe to the kiln. The proximity of a relatively cool object may sometimes account for a temperature reading lower than the real temperature.

The end of the couple must be frequently cleaned of any deposit of slurry or dust, as the accumulation of either will cause the temperature indications to be incorrect.

The cables connecting the couple to the instrument should be properly insulated and secured, and as far as possible they should be placed where radiation from the kiln cannot affect them.

Where there is a number of points to be measured it is usual for the cold junctions to be immersed in an oil bath, means being provided for measuring the temperature of the oil and of protecting it from changes of temperature due to external causes. Such an arrangement ensures that the cold junctions of all the cables are at the same temperature and that the temperature readings

are strictly comparable. Fig. 6 shows an oil immersed cold junction with indicating pyrometer and six-way switch. The rigid method of mounting the equipment and the enclosing of the circuit leads in galvanised conduit should be particularly noted.

The mounting of the instrument, whether indicator or recorder, requires careful thought. The site selected should be as cool as possible, and the instruments, if mounted near the kiln, must be protected from radiated heat. It is also essential that the position is as free from dust as is practicable, as

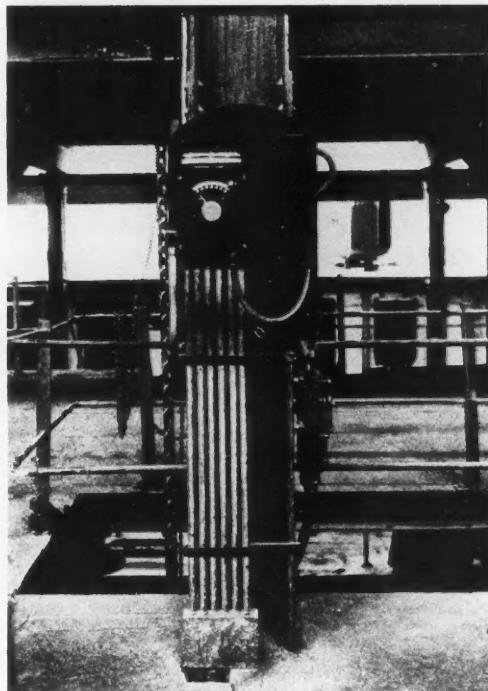


Fig. 6.

although most of the commercial instruments are enclosed in dust-tight cases it is rarely that they keep out the finest dust.

Exit-Gas Analyses.

The exit gases from a rotary kiln consist mainly of nitrogen, carbon dioxide, moisture in the form of super-heated steam, some free oxygen, and sometimes a trace of carbon monoxide. There are many types of instruments available for determining the percentage by volume of the constituent gases. Where a complete analysis is required it is usual to use an "Orsat" apparatus, of which there are several types. Where partial analysis is required, recording instruments, usually for carbon dioxide only, but in some cases also for oxygen or for carbon monoxide, may be used.

The "Orsat" apparatus consists of an aspirator, water-jacketed measuring burette, and absorption pipettes. The burette is generally calibrated to read in tenths of a cubic centimetre and has a total content of one hundred cubic centimetres. For aspirating purposes water is generally used. The pipettes are arranged for determining the percentages by volume of carbon dioxide, oxygen, and carbon monoxide, the nitrogen being determined by difference. As the temperature at which the analysis is made is about atmospheric, the steam in the gases is condensed and for all practical purposes may be neglected.

For the absorption of carbon dioxide a solution of potassium hydrate or sodium hydrate may be used; the former is generally preferable. An alkaline solution of pyrogallic acid may be used for oxygen, and either an acid solution of cuprous chloride or an ammoniacal solution of cuprous chloride may be used for carbon monoxide. The latter has greater absorbing power and is therefore preferable.

The absorption of carbon dioxide is readily carried out in the simplest form

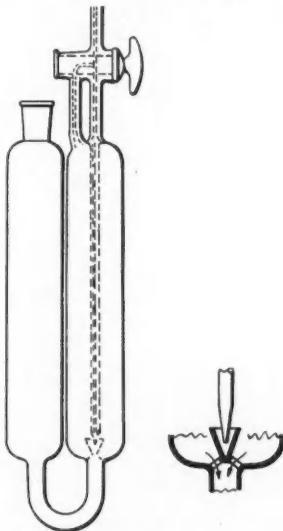


Fig. 7.

of pipette, but oxygen and carbon monoxide are not so easily absorbed. In order to shorten the period of absorption as much as possible various forms of pipette have been devised which either cause the gas to come in contact with as large a surface of the absorbing solution as possible or make the gas pass through the absorbent in a state of turbulence.

In the simplest form of pipette, shown in Fig. 7, the gases pass by means of the central tube to the bottom of the pipette and then bubble up through the absorbent. The same type of pipette is sometimes filled with a number of small glass tubes. This considerably increases the surface wetted with the absorbent with which the gas comes in contact.

Fig. 8 shows a pipette in which the absorption takes place very quickly and is effective in determining traces of oxygen or carbon monoxide. Its efficiency is brought about by the fact that the gas and the absorbent are brought together

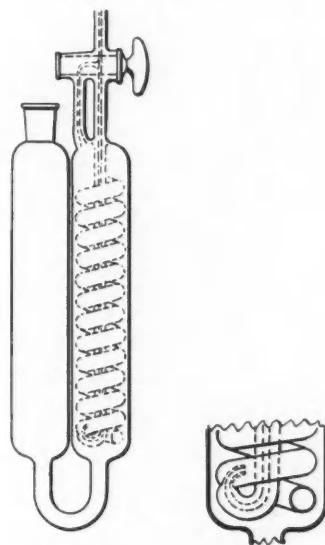


Fig. 8.

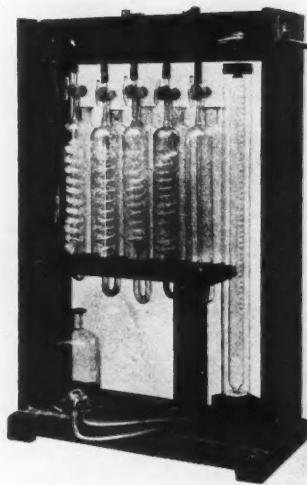


Fig. 9.

in a state of turbulence. The gases pass down through the central tube as in the type already described, but the bottom end of this tube is bent upwards and tees into a spiral of large diameter which reaches nearly to the top of the enclosing vessel. A portion of the centre tube at the point of intersection with the spiral is continued upwards inside the spiral and finishes in the form of a jet. The gases issuing from the jet therefore act as in an injector and draw up with them a quantity of the re-agent which enters through the open end of the bottom of the spiral. The gases and re-agent pass up together through the spiral to the top of the pipette. Considerable agitation takes place, and the gases and re-agent are brought into intimate contact in their passage through the spiral, resulting in the quick absorption of the gas. A complete portable "Orsat" apparatus is shown in Fig. 9.

The "Orsat" apparatus may also be used for determining the presence of certain hydro-carbons, also when used in conjunction with a Hempel bomb for

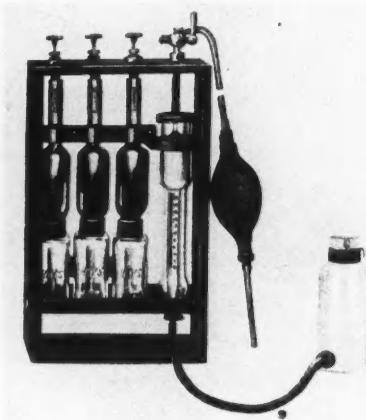


Fig. 10.

hydrogen and methane, but as these gases are not present in cement kiln gases it is not proposed to do more than mention this additional use to which this useful piece of apparatus may be put. The "Orsat" apparatus is also made with many of the glass parts replaced by metal parts, but the principle and method of determining the constituent gases are exactly the same as already described. An apparatus of this type is shown in Fig. 10.

When a continuous record of the analysis of certain of the constituent gases is desired there are several satisfactory recording instruments available, but it is necessary to confine the analysis to not more than two of the gases. Many of the recording instruments depend on absorption, but a few employ other principles.

One such instrument for recording the presence of carbon dioxide is electrically operated and depends on the difference in thermal conductivity between carbon dioxide and air. The complete operating equipment consists of soot filter, water

operated aspirator, and CO_2 meter as illustrated in Fig. 11. The CO_2 element, named the katharometer shown in Fig. 12, consists of two cells each containing identical spirals of platinum wire which are electrically connected so as to form two arms of a Wheatstone circuit. The cells are enclosed in a metal casing. When an electric current is passed through the spirals they become heated and lose heat to the casing enclosing the cells. Their temperature,

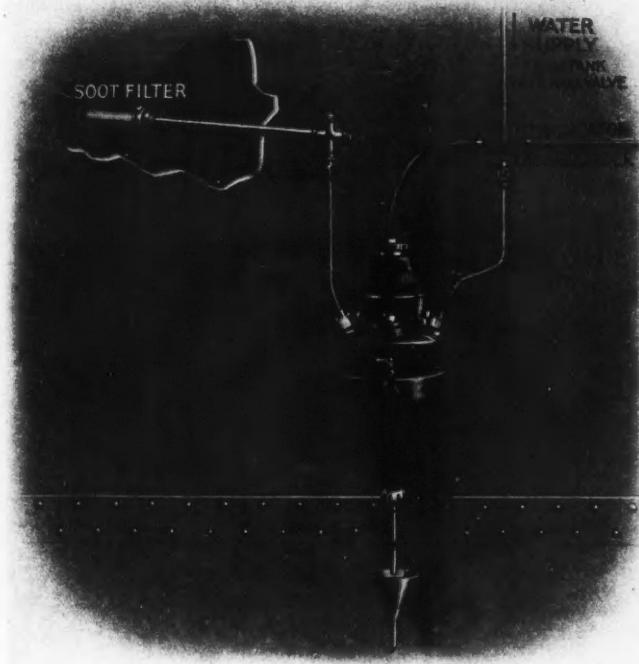


Fig. 11.

and therefore their electrical resistances, will be changed depending on the thermal conductivity of the gases surrounding them.

If air be passed through both the cells at the same rate of flow the relative resistance of each spiral remains unchanged. When, however, air is passed through one and carbon dioxide through the other a greater cooling effect is produced in one cell than in the other; one leg of the Wheatstone bridge is thrown out of balance, resulting in deflection of the galvanometer which is in circuit, the extent of the deflection being dependent on the amount of carbon dioxide present. The galvanometer is calibrated in percentage of carbon dioxide. The katharometer, which should be placed as near as possible to

the point at which the gas is to be sampled, has the gas and air induced through it by means of an aspirator. Either indicating or recording instruments, or both, may be used and these can be placed at any reasonable distance from the

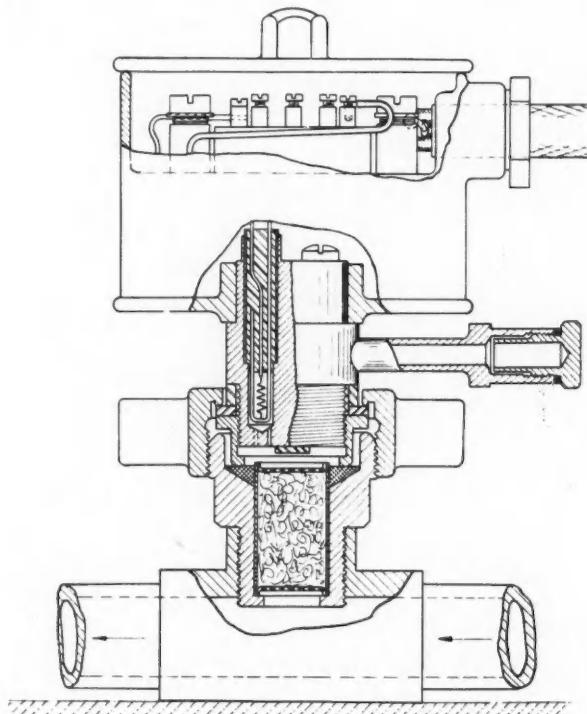


Fig. 12.

katharometer, as the only connection between them is some insulated wires. These instruments are generally similar to those used for pyrometry.

The electrical method in slightly modified form is also used for determining the percentage of carbon monoxide or oxygen, but in both cases the determination is by difference as the gas is converted to carbon dioxide by combustion and the difference in carbon dioxide before and after combustion is ascertained.

(To be continued.)

Proposed German Works.

Newspapers report that there is a tentative proposal to erect an "outsider" cement works near Büren (i.W.) early in 1931, with an estimated capacity of 105,000 tons per annum. It is reported that the capital is to be 3,000,000 R.M. (£150,000).

Cement Chemistry in Theory and Practice.—V.

By Professor Dr. HANS KÜHL (Berlin-Lichterfelde).

The Chemistry of High-Strength Cements.

THE researches already described form the source from which to obtain the most successful results in the cement industry. First a decision must be made as to what line of technical development is going to lead to the ideal cement of the future.

The quality of cement has always been measured by its strength, since good hardening qualities—the most important requirement—find their best expression in strength values. The direction of past development was to commence with tensile tests, replacing these at a later date by crushing tests. The extent to which this change has already taken place varies considerably in different countries, and is least pronounced in England and America where tensile strength still plays a great part in cement testing. The replacement of tensile by crushing tests was assisted by the general improvement in testing methods. It originated in the belief that crushing strength could be more accurately measured than tensile strength, while cement used for buildings was obviously more frequently subject to crushing than to tensile stress. It was not then foreseen that the time would come when the difference between comparing cements on the basis of crushing and of tensile strength would disappear. This, however, is the case at the present day.

First, however, it must be remembered that strength is not the only property of cement which is tested. Definite requirements must be met as regards setting time and soundness, which are also of great importance in evaluating the quality of cement. Good Portland cement must set slowly and harden rapidly. By the term "set slowly" it is understood that setting must not commence before one to two hours have elapsed since mixing. Various materials capable of regulating the time of set are available, so that it is generally not difficult to produce Portland cement of the correct setting time.

The conditions as regards soundness are much more involved. According to the standard specifications of most countries Portland cement is adequately sound when pats of 10 to 12 cm. diameter, made up on glass plates, retain their sharp edges and remain undistorted and free from cracks after being stored for 28 days under water. Many countries have, however, specified other tests, the boiling test in particular being common either in the form introduced by Michaelis or that employing the Le Chatelier callipers. There is, however, no country of note in which cement is not accepted as sound if it passes the 28 days cold water test and the boiling test, and in addition fulfils the chemical requirements laid down for content of magnesia and sulphate.

In spite of these apparently definite requirements, which are fulfilled by almost all cements on the market to-day, it must be admitted that not a single cement exists that is truly sound in the strictest sense of the term. All cement structures are subject to expansion and shrinkage. This is inherent in our acceptance of the assumption that hardened cement consists of a shrunk gel, which of its nature must enter into equilibrium with the water vapour in the surrounding atmosphere. In practice this property is taken into consideration, and expansion joints are provided.

The forces that come into play in cement mortar are too many-sided for them to be attributed entirely to the phenomena of expansion and contraction. In the past few years Gensbaur's work on this subject has aroused a good deal

of attention. He found that a considerable diminution in strength was caused by storing in water cement test-pieces that had already been allowed to harden in air. Gensbaur's process, which he named Kl-storage, in honour of his town Kladno, is as follows: Tensile and crushing test-pieces are first subjected for 28 days to the process of alternating water and air storage (viz., 1 day in moist storage, followed by 7 days under water and 21 days in air), after which they are stored a further 28 days in water and then tested for strength. He established that in a great number of cases the strength after these 56 days of treatment was considerably less than that at 28 days, and he attributes this fall in strength on Kl-storage to a concealed expansion, i.e., an expansion that is not discovered by the usual soundness tests.

Obviously the term "concealed expansion" will arouse contradictions, and at first sight it appears that there should be a more simple explanation for Gensbaur's observations. Dr. Haegermann, of the laboratory of the German

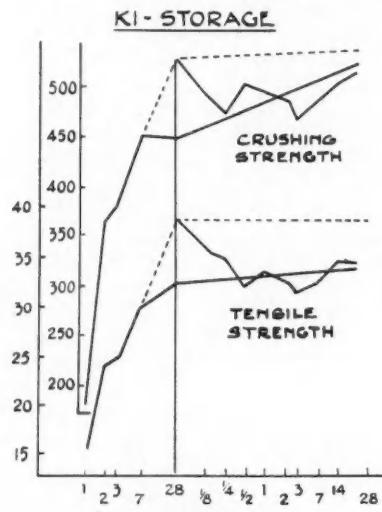


Fig. 19.

Association of Portland Cement Manufacturers, has shown that, in the same way as cement test-pieces, the majority of natural stones lose strength when, after previous drying in air, they are transferred to water, and that this applies even to dense natural rocks such as limestone and granite.

The author has tested 25 Portland cements under widely different conditions as regards their response to alternating storage in air and water. Fig. 19 shows the typical strength curve of a cement on Kl-storage. Both the tensile and crushing strength curves are drawn, the strength value being plotted as ordinate against the logarithm of the time of storage as abscissa. This logarithmic plotting is adopted with the object of conserving space. It is seen that both tensile and crushing strengths increase up to 28 days, after which, with renewed water storage, a fairly rapid fall in strength occurs. This strength reduction soon passes through a minimum value, so that at the end of a further 28 days (i.e., a total of 56 days) a pronounced recovery is already evident.

Thus if Gensbaur had chosen a shorter testing period than 56 days (e.g., 32 days) he would have obtained a much greater reduction of strength.

In addition to carrying out experiments on Gensbaur's method of storage, the author undertook a further series of tests in which cements were transferred every 3 or 7 days from water to air, or vice versa. Fig. 20 shows typical curves for these conditions of hardening, and it will be seen that the strength rises fairly regularly on transference to air, and as regularly falls during water storage. Such regularity in the course of the curve indicates that the changes in strength are due to physical causes. It is, however, seldom that a cement gives a symmetrical curve. With most cements considerable irregularities in the strength figures are found; indeed, in certain cases the phenomena are reversed and there is a reduction of strength in air and an increase in water. Such cases of irregularity during alternating hardening we must, with Gensbaur, seek to attribute to chemical causes which set up stresses in the interior of the cement, and it appears to be immaterial what name we give to these forces. In any case we cannot tolerate the existence of such stresses in any cement that is to be accepted as especially good and adopted as the ideal; such a cement must give a normal curve on alternating storage.

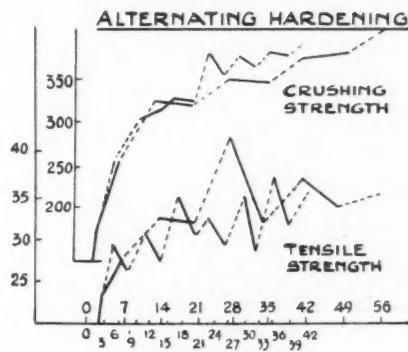


Fig. 20.

The phenomenon of retrogression of strength on alternating storage indicates the likelihood of a connection between irregularities during alternating hardening and an abnormal relation between the crushing and tensile strength of a sand mortar. It would appear that cements which show such irregularities lie dangerously near the region of expansion, and indeed in certain circumstances fall within it. We must therefore examine the chemical factors leading to expansion.

Serious cases of unsoundness of cement mortar are made evident by the cracking, swelling, and gradual disintegration of the hardened material. From this it was formerly deduced that unsoundness was due to increase in volume arising from the slaking of free lime, but the present author showed in 1910 by means of a simple experiment that the "blowing" of cement is accompanied not by an increase in volume, but by a shrinking of the mass, as is always the case in the normal hardening of a sound cement. If a flask is one-third filled with a mixed paste of unsound cement of the consistency of molasses, and is then carefully filled with water so as not to disturb the cement paste, as the cement in the lower portion of the flask sets and hardens contraction

takes place, as is shown by the fact that the water level in the neck of the flask continually sinks; at the end of several days the flask usually breaks owing to the pressure exerted by the cement, and thus the experiment is brought to a close. It is remarkable that although the cement mass in the lower part of the flask contracts, it nevertheless exerts a pressure which results in the bursting of the vessel.

The chemical phenomena here belong to the realm of capillary chemistry. Without going deeply into this subject it may be pointed out that there is no basic difference between the volume relationships of cements subject to and free from expansion. The transition between unsound and sound cements is gradual, and there is no clearly-defined boundary between them. Thus there can be no method of testing which unequivocally indicates whether a cement is sound or unsound.

It is known from experience that when the lime content of a cement is increased, at first both tensile and crushing strengths also increase. At a certain value of the lime content, however, reduction in the tensile strength becomes evident, although the crushing strength continues to increase. On still further increasing the proportion of lime a lowering of the crushing strength finally occurs, and this appears to be the limit above which further increase in lime results in unsoundness. Thus there is a definite connection between lime content, tensile strength, crushing strength, and tendency to unsoundness, and it is from this angle that the problem of improving the properties of cement must be studied. The high-strength cement of the future should be superior not only in one property but in all its properties, and as has been shown this can be attained by a very careful increase of the lime content.

In Germany and most other countries to-day we distinguish between ordinary and high-strength Portland cements. The requirements as regards setting time and soundness are the same for both, but the strength requirements are much more stringent in the case of high-strength cement, in that high tensile and crushing strengths in the latter must be attained after a period of 3 days.

This conception of high-strength cements can only be regarded as a first step in the right direction, and in future a higher degree of soundness should be required of high-strength cements than for ordinary cements. It is not unlikely that the best measure of the soundness of cements will be found in the various strength relationships, for example, that between the tensile and crushing strength of test-pieces stored in water. It is, however, possible that the solution of the problem will be found in other directions, and that the anomalies observed on alternating air and water storage will play their part.

Returning now to the chemical considerations underlying the production of cement having the most desirable qualities, the correct choice of lime-content is always the most important consideration. When we clearly realise of what compounds our ideal cement is composed, the correct value for the lime content can easily be calculated. It has been pointed out that the most important constituents of clinker are alite and celite, and thus the problem resolves itself into so adjusting the lime content of the raw mix that during the burning process alite and celite are formed in the greatest possible quantities, and if possible exclusively.

Having thus decided upon the principle underlying the choice of lime-content, we must inquire whether definite rules must also be followed to govern the proportions of silica, alumina, and iron oxide. In general, in the manufacture of cement, we tend to pay comparatively little attention to the composition of the clay; it is considered sufficient in most works if the lime content of the raw mix is correctly adjusted. In actual fact any type of clay is capable of

producing a high-strength cement, both in the present and the future sense of the term, provided (1) the clay and lime are mixed in the correct proportions; (2) care is taken in the preparation of the mix; (3) the burning is sufficiently intense; and (4) the clinker is ground very finely. These rules, which are apparently simple, are difficult to carry out, especially in works not equipped with modern plant. Such factories should give the utmost attention not only to the lime content, but also to the composition of the clay which composes the raw mix.

The quality of a cement is in no way dependent upon the absolute quantities of the various constituents, but is regulated by the relationships between them. Michaelis recognised this many years ago in presenting the hydraulic modulus, $\% \text{CaO} / (\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$, to express the relationship between lime and clay substance. The present author at a later date introduced the silicate modulus, *viz.*, $\% \text{SiO}_2 / (\% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$, and the iron modulus, $\% \text{Al}_2\text{O}_3 / \% \text{Fe}_2\text{O}_3$. Let us now consider a series of cements, all of the same lime content but whose silicate modulus ranges from high to low values, *i.e.*, we pass from silica-rich cements to cements of low silica content, but correspondingly rich in alumina and iron. If all these cements are ground to the same fineness and tested under identical conditions the highest strengths will be obtained from those at the ends of the silica modulus series; the cements representing the middle of this series, on the other hand, will give somewhat lower strengths. In other words, the highest strengths are obtained from cements very rich in silica on the one hand, and from those very low in silica on the other.

This principle has found technical expression in two manufacturing processes for high-strength cements, one of which produces a cement rich in silica and the other a cement very low in silica. The first has a silicate modulus of 3 to 4; its silica content is thus 3 to 4 times as great as the combined quantities of alumina and iron. Cements of this type are not easy to produce, since the raw mix must be extremely finely ground and the burning must be intense. If, however, they are correctly manufactured, and the clinker is sufficiently finely ground, they have a very high initial strength, which must be attributed to their high content of tricalcium silicate. The cement of low silica content mentioned is diametrically opposite to the silica-rich cement first mentioned, in that its high initial strength is obviously due to its high alumina content, *i.e.*, to the presence of unusual quantities of calcium aluminates. It has long been known that aluminous cements have the property of extremely rapid hardening. It is also well known that they are unreliable as regards setting time, having a decided tendency to become quick setting. In the process evolved by the author, however, this danger has been overcome by increasing the iron oxide content along with the alumina. As a result the cement contains so little silica that the silicate modulus is only 1.2 to 1.4. The manufacture of the cement is relatively easy, since its lime content is not particularly high and it can be burnt at a relatively low temperature. The only source of difficulty is due to the fact that the clinker readily becomes plastic, which tends towards caking in the shaft kiln and to the formation of clinker rings in the rotary kiln.

The immense importance of the conditions of clinkering as affecting quality is well illustrated by these two cements. Thus the high-silica cement only develops its superior properties when it is intensively burnt to a very dense clinker, while the author's cement, on the other hand, is very easily clinkered, even tending somewhat too readily to fusion, while again producing a dense clinker. It is probable, also, that the key to certain secret processes lies in

the clinkering. Accordingly, all possible means of assisting clinkering should be adopted in the manufacture of high-strength cements, such as, for example, the use of fluxes, which are dealt with later.

Returning to the chemistry of clinkering, first of all it must again be emphasised that we are dealing with a partially fused reaction system containing several phases, as already explained. Assuming that the clinker minerals are the products of reactions in the liquid phase it is obvious that the reaction conditions will have a decisive influence upon the quality of the product, and careful consideration leads to the surprising conclusion that in certain cases a better cement should be obtained when the raw meal is not excessively finely ground. An extensive series of experimental burns has compelled me to agree that cases do occur in which a better cement is obtained when the raw meal is less finely ground. Theoretically the best clinker will obviously be obtained when a correctly adjusted raw meal is ground as fine as possible. If, however, as readily happens in practice, the raw meal is not quite correctly adjusted, but is, for example, kept a little low in lime as a matter of precaution, a better cement will be obtained from a less finely ground raw meal.

Taking a raw meal on the average a little too low in lime, with the finest grinding a clinker results which is also generally low in lime, as a result of which the resulting cement suffers in strength. If, however, such a raw meal be less finely ground, the clinker is enriched in lime at all points at which coarser grains of lime occur, while the intermediate portions are even lower in lime than the average of the mix. We thus obtain with the coarser grinding a clinker whose composition varies from point to point. The portions rich in lime, which approximate to the ideal composition, possess much greater hardening properties than a homogeneous clinker prepared from the same raw mix more finely ground. On the other hand the particles of the heterogeneous clinker which are low in lime have feebler hardening properties than the homogeneous clinker. Since, however, the influence of the portion of correct lime content is much the greater, the resulting cement will develop a higher strength than one too low in lime throughout. This is the key to the fact that a raw meal somewhat low in lime will actually give a better cement when it is not excessively finely ground.

As already pointed out, perfect clinkering is of outstanding importance for the production of a good cement. At the same time the length of burning and the speed of cooling appear to have important effects. Extensive investigations indicate that rapid cooling improves the hardening properties of clinker. The factors which come into play in this connection are similar to those which exert such an important influence in the granulation of blast-furnace slags. While slowly-cooled slags are practically inactive, the same slags have pronounced puzzolanic properties when rapidly cooled, which enable them to be used as the raw materials for iron-Portland and blast-furnace cements. On very rapid cooling, so that the molten slag has no time to crystallise, but solidifies as a glass, a condition of non-equilibrium is perpetuated. The slags in this condition possess a much greater chemical potential than slowly-cooled crystallised slags, and to this must be attributed their increased reactivity with water and their resulting importance as hydraulic materials. Exactly the same principles underlie the cooling of clinker, although in this case they are not so pronounced.

In the subsequent grinding a number of factors must receive attention if the resulting cement is to be of the best possible quality. These factors are for the most part of a purely technical nature, and will be considered later. The reduction of setting time which results from increasing the fineness of

grinding of a cement clinker is almost self-explanatory, since the total surface of the cement particles continuously increases as the material is more and more finely ground, and an increase in the reactivity with water and in the speed of reaction naturally follows. It is noteworthy, however, that in the case of almost all cements this reduction of setting time is suddenly accelerated on attaining a certain degree of fineness, at which point the cement, hitherto slow-setting, suddenly becomes quick-setting. For example, as the fineness regularly increases, the initial setting time may gradually decrease from 4 hours to 2 hours, after which only a very slight further increase in fineness will be sufficient suddenly to reduce this value to a few minutes.

A very similar phenomenon occurs on adding gypsum to regulate the setting time. In investigating the effect of gypsum of different degrees of fineness, Brans found first that the action of gypsum increased the more finely it was ground. Apart from this, he found that on reaching a certain percentage addition a pronounced retardation of setting time suddenly occurred. The percentage addition at which this accelerated influence becomes evident is higher according as the gypsum is coarser. It will be seen from Tables V and VI, which are extracted from the work of Brans, that a slight increase in the percentage of gypsum is sufficient to transform a quick-setting to a slow-setting cement. This is a case of a suddenly accelerated action that must be closely allied to the sudden change in setting time resulting from increasing the fineness of cement. In both these cases we are dealing with a surface reaction, which indicates that an explanation of the connection between the two phenomena must be sought in the realm of colloid chemistry.

TABLE V.—INFLUENCE OF GYPSUM ON INITIAL SETTING TIME.

| Gypsum ground | very coarse | coarse | medium fine | fine |
|------------------------|-------------|--------|-------------|------|
| Percentage gypsum | 21.5 | 25.8 | 17.2 | 19.4 |
| Initial set in minutes | 5 | 400 | 6 | 300 |

TABLE VI.—INFLUENCE OF GYPSUM ON FINAL SETTING TIME.

| Gypsum ground | very coarse | coarse | medium fine | fine |
|-------------------------|-------------|--------|-------------|------|
| Percentage gypsum | 12.9 | 14.0 | 10.2 | 10.8 |
| Setting time in minutes | 20 | 135 | 25 | 210 |

A consideration of the chemical basis for the further development of Portland cement would be incomplete without discussing the catalytic action of the various materials added during the grinding of the clinker for the purpose of increasing its reactivity. It is well known that gypsum not only retards the set but also increases the strength of cement, while other sulphates act in the same way. Innumerable other substances have been tested to determine whether they assist the initial hardening of cement, and calcium chloride has been found particularly effective, since in small quantities it causes a pronounced increase in strength. Unfortunately, however, it has the undesirable property that in greater quantities it seriously lowers the setting time, and can thus only be added with great caution.

The author has attempted to make it possible to introduce somewhat greater quantities of calcium chloride by replacing this compound by other chlorine compounds which give rise to calcium chloride on hydrolysis or other chemical action with the mixing water. For scientific reasons the author included in these experiments chlorine compounds that it would be impossible to consider from the practical point of view, such as chloroform, chloral hydrate, carbon

tetrachloride and trichloracetic acid. These experiments had no decisive result, however, since the formation of calcium chloride was either too rapid or too slow, so that either the cement became quick setting or the anticipated increase in strength was not obtained.

Later a comprehensive investigation was carried out into the catalytic effect of all possible cations and anions upon the strength. The results obtained with cations can be briefly summarised as follows:—

Small additions of the following resulted in increased strength: Lithium, sodium, potassium, ammonium, calcium, strontium, barium, cadmium, aluminium, and iron as chloride.

Without pronounced effect were magnesium, chromium, nickel, cobalt, and iron as chlorate.

Reduced strength resulted from manganese and tin, and especially from zinc and copper.

Lead was definitely injurious.

To generalise, the metals of low atomic weight exerted a favourable action, and those of high atomic weight a deleterious action.

The effect of the anions was less definite, and is not discussed here except to mention a single striking observation, viz., an increase in the one-day crushing strength from 825 to 3384 lb. per sq. in. due to an addition of 2 per cent. calcium bromide. Obviously the great increase in strength is to be attributed to the influence of bromine. This question has not been followed up, since for economical reasons bromine could never be commonly used in the cement industry.

As a general result of a study of catalysts, the impression has been formed that there is a definite possibility of an advance in this direction, but that the present position is so involved that one can scarcely hope within a reasonable time to attain a clear knowledge of catalytic action and thus succeed in generally applying it to the cement industry.

In the present state of knowledge, apart from the technical perfection of cement manufacture, the key to new advances in the cement industry lies in the correct adjustment of the raw mix as regards lime, silica, alumina and iron oxide. This summarises the chemical aspect of the problem, and in our last article we shall deal with its technical solution.

(To be continued.)

Belgian Cement Sales.

The Belgian paper "L'Informateur" states that Belgian cement sales for 1930 were only a little below those for 1929, the difference occurring principally during the last two months of 1930. Deliveries in the spring and summer varied at the most by 5 per cent. and those for the winter months showed a decline of 10 per cent. to 15 per cent. compared with those for 1929.

Simon Bag-filling Machines.—To avoid any misunderstanding we would point out that the bag-filling machine shown in Fig. 12 in Mr. A. C. Davis's article in our December, 1930, number is made by Messrs. Richard Simon & Sons, Ltd., of Basford, Nottingham.

A Comparative Study of the Portland Cement Industry in the United States of America, Canada, and the United Kingdom.—III.

By HAL GUTTERIDGE, A.M.I.Mech.E., M.I.E.I.

Raw Materials.

United States.—Limestones are the most important calcareous material used in the United States for the production of Portland cement. Geologically, the limestones range over the whole of the divisions, from pre-Cambrian to Cainozoic or Tertiary inclusive. Geographically, limestones occur in practically every State. In most places the limestones are at or near the surface, but in some cases they are overlaid by such a depth of other material as to make it necessary to use mining methods, as, for example, in Western Pennsylvania. Physically, the limestones range from the hard marbles, through the comparatively soft argillaceous limestones known as "cement rock" and chalks, to the marls. It is the practice to refer to chalks and marls separately and to confine the word limestone to rocks which require crushing. Chemically the limestones vary from the purest limestone with a calcium carbonate up to about 98 per cent., to argillaceous limestones with a low percentage of calcium carbonate. These latter include cement rock, which contains from 50 to 85 per cent. of calcium carbonate.

The wide geological and geographical distribution of the hard purer limestones renders it impossible to give even a summary in this article, and this remark also applies to their physical and chemical characteristics. The argillaceous limestones, however, are not found in such abundance and those most extensively used are found in the Lehigh district of Pennsylvania, which deposit extends into New Jersey and in Colorado, Indiana, and Utah.

The chalks, including those with a high percentage of calcium carbonate and those with varying degrees of argillaceous matter, are used in Arkansas, Nebraska and Texas, the latter State providing a good example of argillaceous chalk which varies in physical character from soft earth to solid material and contains about 75 per cent. of calcium carbonate. The marls used in the United States are found in Indiana, Michigan, and Utah, while shells and shell marl are used in Virginia and Texas. Among the artificial materials, blast furnace slag is used in the States of New York in the air-cooled form, and in Michigan, Indiana and Minnesota in the granulated form. Detailed information on the distribution and description of the raw materials used in the U.S.A. is given in "Rock Products Directory," 1929-1930.

Argillaceous limestone or "cement rock" occurs chiefly in the Lehigh district of Pennsylvania and the Warren country of New Jersey; it occurs in a narrow belt about 50 miles long and not more than four miles at its greatest width from Reading (Pennsylvania) to Stewartsville (New Jersey). Cement rock is geologically a Trenton limestone of the lower Silurian period and varies in thickness from 150 ft. to 250 ft. or more. The upper beds near the contact with the overlying Hudson shales carry about 50 per cent. to 60 per cent. of calcium carbonate and 40 per cent. to 50 per cent. of silica, alumina, iron, etc. The percentage of lime, generally speaking, increases, and that of clayey matter decreases the lower the position in the formation, until at the base of the formation it is as high as 80 per cent. to 85 per cent. of calcium carbonate. From

these lower beds the high lime limestone necessary for mixing with the cement rock is sometimes obtained. The composition of cement rock between samples from different quarries varies widely, and even in the same quarry marked differences obtain.

The appearance and physical character of cement rock change with the change in the chemical composition of the rock. It gradually loses its slatey fracture and blackish colour as the percentage of lime increases, until near the base of the formation it is often a fairly dark grey limestone. It is considerably softer than the pure limestone generally used with clay, and therefore easier to crush and grind. The Kittatinny limestone underlying the cement rock is too high in magnesia for use as a material for cement, except for a few beds with a lower magnesian content. Cement rock is high in magnesia throughout its entire thickness. Few analyses show less than 4 per cent., and it contains up to 6 per cent. of magnesium carbonate. With the varying percentages of lime in the cement rock, obtaining the correct mixture requires particular care. The cement rock may require a pure limestone or additional clayey matter to bring it to the proper mixture; or by combining high-limed cement rock from one point of the quarry with low-limed rock from another part, the desired result may be obtained. The cement rock ranges from a fairly pure limestone analysis to a rock containing so much argillaceous matter that nearly pure limestone has to be added to bring it up to a suitable mixture for Portland cement.

Canada.—Only hard limestones and cement rocks are used as the main raw material in Canada. Geologically, the limestones (excluding cement rock) used are from the following periods: Lower Jurassic and Upper Triassic in British Columbia; Carboniferous in Alberta; Devonian in Manitoba; Lower Ordovician and Middle Devonian in Ontario. Cement rock of the Ordovician (Trenton) period is used in Ontario and Quebec. With the Alberta limestones shale is used, and with the limestones in the other provinces clay is the argillaceous material. In the case of the cement rock which is intercalated with shale it is generally necessary to use a small proportion of clay.

It is interesting to compare the Trenton cement rock of the Lehigh Valley and that in Quebec and Ontario. The former is geologically of the lower Silurian period while the latter is credited to the Ordovician. Canadian cement rock occurs in thin beds separated by layers of shale and in that respect approximates to the Liassic formation in the United Kingdom. The limestones used are distributed throughout Canada. Cement rock, on the other hand, is used only in the Eastern provinces. Detailed information of the raw materials of Canada can be obtained from the Department of Mines, Ottawa.

United Kingdom.—The raw materials used in the United Kingdom are chalk, limestone (including the Liassic limestone), marl, shale and clay. No rock physically comparable with "cement rock" is employed but chemically the Liassic formation and the marls provide both the calcareous and argillaceous materials but with the physical differences, of course very definite. Little use is made of the artificial materials, blast furnace slag, or alkali waste in the United Kingdom, though experimental tests have been made from time to time in this direction.

Chalks occur in large and extensive deposits in the east, south, and south-east of the United Kingdom. There is an unbroken belt of chalk from Norfolk extending in a south westerly direction to Dorset and continuing in an easterly direction to the Straits of Dover. It is along the banks of the Thames and Medway that many of the largest cement works are located, using chalk as

the calcareous raw material. In many parts of the same areas are to be found the marls, particularly on the Medway river, in Cambridgeshire and in the west of England.

Oligocene and Eocene limestones are found in a belt running also in a south-westerly direction from the north of Essex to Berkshire. Ordovician limestone occurs generally in Wales, in the north of England, in the south of Scotland and in Ireland. Silurian limestone occurs in north Wales, in the south of Scotland and in the north-east of Ireland. Carboniferous limestone covers the whole of the centre of Ireland, and is found in the north of England and in the south of Scotland.

The Liassic formation of the Jurassic period is found in a narrow strip extending also in a south-westerly direction from north-west Lincolnshire to Dorset. It also occurs in a small area in the North Riding of Yorkshire and in the south of Glamorgan in Wales. There is also some stone in the west of England known locally as "mudstone," which softens in water and breaks down to a clayey material containing grains of limestone. This composition is similar to the shale in the Lias formation, but often contains more calcium carbonate.

The chalks, both white and grey, are sufficiently uniform to make them very easy to work with a small addition of water. The white chalk generally contains 20 per cent. to 25 per cent. of water with which amount it can be beaten into a paste, hence, with a small addition of water, it can be reduced to a slurry.

The description "marl" is generally applied to a material which is a soft natural mixture of both calcareous and argillaceous substances. In Cambridgeshire the marl is found at the base of the local chalk, and in composition generally varies between 72 per cent. and 77 per cent. calcium carbonate, 14 per cent. and 18 per cent. silica, 5 per cent. and 7 per cent. oxide of iron and alumina, 0.4 and 1 per cent. magnesia.

The chemical composition of the clay varies considerably. The clays on the River Medway vary between 55 per cent. and 63 per cent. of silica, 7 per cent. and 23 per cent. oxide of iron and alumina, nil and 2 per cent. lime (CaO), 0.2 per cent. and 2.5 per cent. magnesia. This clay and that found on the River Thames is alluvial mud. Gault clay is generally lower in silica and considerably higher in lime than the Medway clays, with about the same percentage of magnesia.

Geological Comparisons.—Generally speaking in the three countries under consideration most geological periods are represented, but there are certain raw materials used in the manufacture of Portland cement in one or more of the countries which are not employed in the others. The most important of these is the Trenton limestone (cement rock) which is extensively used both in the U.S.A. and Canada, but not in the United Kingdom. The Liassic formation of the Jurassic period is employed in the United Kingdom, but not apparently in the U.S.A. or Canada, but in the latter country there is in Vancouver Island a formation believed to be of the Lower Jurassic period but which has physical characteristics different from the Liassic formation in the United Kingdom.

Physical Comparisons.—Generally speaking the majority of the calcareous materials used in the U.S.A., including the argillaceous limestone cement rock, are hard materials which require crushing and grinding in order to prepare them for burning in the kilns. In Canada, the whole of the calcareous raw materials are hard, and so fall into the same category. In the United Kingdom, on the other hand, the majority of the materials used are soft, and can be reduced by treatment in washmills only.

The cement rock of the U.S.A. and Canada, although much softer than most of the limestones, still requires crushing and grinding, though the power absorbed in this preparation is considerably less than in the case of the harder limestones. Also, the quarrying of the hard materials in the U.S.A. and Canada necessitates drilling and blasting as a preliminary to being gathered by mechanical diggers, whereas in the United Kingdom the soft chalk and marls can in nearly every case be gathered by mechanical diggers direct from the face. In some cases in the United Kingdom, where a very high open quarry face is being worked, it is a matter of economy to bring down the whole face by blasting, but as the materials are loosely bound together in their natural state little force is required to bring about an extensive fall.

In handling the materials from the quarry to the cement works, soft materials lend themselves more easily than hard materials to the alternative economical method of conveying the materials in the form of slurry in pipelines as distinct from conveying the materials by trucks when quarried. This method is specially applicable where the quarries are some distance from the works, and where it is inconvenient to convey the materials over the surface.

With hard materials this alternative method is also possible, but owing to the necessity of having crushing, grinding and pumping plant instead of only the washmills and pumping plant at the quarry as in the case with soft materials, the additional plant required in the quarry renders the application of this method to hard materials generally not an economical alternative. This alternative method cannot be applied in connection with a dry process plant, for the supply of the necessary large quantity of heat at the quarry for drying the materials would make the method too costly by comparison.

Chemical Comparisons.—Because of the wide variety of raw materials in each of the three countries from pure limestones to clayey matter, the chemical compositions of the raw materials vary to an unlimited extent.

The Spanish Cement Industry.

THE COMISIÓN ASESORA, which as Inspecting and Regulating Committee controls in Spain the relations between the official organisations and the cement industry, has just published a report, the first official Spanish publication to contain full statistical data of the cement industry.

The official section deals with the regulations passed on setting up the "Comisión Asesora," and its activities are described. The specifications for Spanish cements are given in the following section and compared with those of other countries. Production figures of each of the Spanish mills during the years 1920-1928, and the consumption of each separate province during the same period, are also given.

A series of graphs illustrates the production of Portland cement in the various countries of the world. The book also includes a report of the sales of the various Spanish mills in each province during 1929, import figures and information, particulars of proposals for the enlargement of existing mills and the erection of new ones, information concerning the production and capacity of Spanish mills, and the text of the official specifications issued in February last and now in force in Spain.

The interesting publication ends with an excellent set of photographs of several cement mills, and of important works erected in Spain with Spanish cements.

New Cement Works at Guayaquil.

A FEW years ago, a scheme was set on foot in Guayaquil, Ecuador, to erect a small cement works to exploit the deposits of limestone and clay, the composition of which promised to yield good cement. The firm of Krupp-Grusonwerk, of Magdeburg, was given the contract to install plant to provide for a daily output of 240 casks.

To avoid long power transmissions, electric motors were provided for the dry process. The plastic clay is delivered to the drier through an inclined conveyor band. It passes first through a roller mill situated above the inlet to the drier, and which crushes the coarse stuff. After drying it is stored in one of the compartments of a large double bunker. The second compartment of this bunker is intended to accommodate the dried limestone. The latter on arrival from the quarry is tipped into a stone crusher and then evenly distributed over the drier by means of plate feeders.

Two hand-truck feeders draw the dried clay and limestone from the double bunker and load a "dosing" scale. Then the raw material is ground in a Krupp combined tube mill, designed for grinding the raw material as well as the clinker. In order to increase the reliability and economic working, the

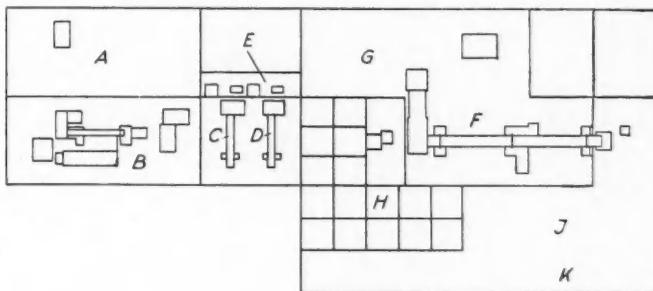


Fig. 1.

sensitive driving parts and the motors are installed in special dust-proof rooms. The raw powder issuing from the mill is mixed in a large 5-compartment hopper.

Screw conveyors and bucket elevators transport the raw material to the kiln, which has a diameter of 6 ft. 6 in. and a length of 100 ft. The kiln is fired with crude oil, which is available cheaply and makes the plant particularly simple and cheap to run since the coal drying and grinding plant which is required for powdered-coal firing, for instance, is eliminated. The clinker is cooled and delivered by a cooling drum, fitted with an end screen and automatic weigher, situated underneath the burning tube. Troughs and bucket conveyors distribute the burnt clinker over a yard 100 ft. long by 45 ft. wide. The clinker is dealt with by hand and passed on by bucket conveyor to the bunker. For the purpose of grinding the cement, a Krupp combined mill, 4 ft. in diameter by 26 ft. long, is provided. The finished cement is taken by means of screw and bucket conveyors to the cement storage plant, consisting of ten square silos with a capacity of about 3,000 tons. Sack and barrel packing-machines are arranged under the storage plant. Large stores are also available for the ready-packed cement. The large intermediate bunkers and hoppers provided

have proved particularly useful, as they have helped to prevent interruptions due to stoppage in production or lack of raw material.

In Fig. 1, A is the raw material store; B, crushing and drying plant; C, raw material mill; D, cement mill; E, mill drives; F, kiln; G, clinker stores; H, cement silos; J, stores; K, packing and despatch department.

Cement Industry in Uruguay.

A report by Mr. Keith Jopson (H.M. Vice-Consul at Montevideo), entitled "Economic Conditions in Uruguay" (London: H.M. Stationery Office, price 1s. 6d. net), contains the following:

A Bill drafted by the Minister of Industries for the erection of a State Portland cement factory was discouraged by the President, who manifested his dislike of any measure which might lead to a monopoly of the State, and held that, if complaint was made of the cost of the cement manufactured locally by the Compañía Uruguaya de Cemento Portland, a better remedy would be to reduce the duty on imported cement. The result was that the Bill was blocked and a measure was thereupon proposed providing that until a new plant, capable of competing with the established factory, has been installed, the customs duty of 34 per cent. payable on imported Portland cement shall be suspended and only dues payable to the Port Administration levied.

The Compañía Uruguaya de Cemento is a modern Portland cement plant equipped with four rotary kilns capable of a yearly output of 288,000 tons, rather less than 28 per cent. in excess of the country's annual consumption. The Company has been formed under Uruguayan law, but is a subsidiary of the International Cement Corporation of New York. It is capitalised at \$5,000,000 and its assets are estimated at \$6,000,000. The Company owns its own quarries at Minas and obtains its clay from the factory site. It is obliged, however, to import gypsum from Germany. A total of 500 workers is employed at the plant and quarry.

The import of cement is a valuable trade for Great Britain. Over 50,000 metric tons were imported in 1928, the bulk of which is shared almost equally by Great Britain and the United States. The past year has been a very favourable one for the importers of British cement, as no less than 86,027 bags of 50 kilos each have been admitted duty free for the construction of the new stadium. It is probable that from 20,000 to 30,000 more bags will be required to complete the work.

New Polish Specification.

SIR,—Being the author of the proposal for the modification of the Polish Standard Specification for cement, I beg to draw your attention to an omission which occurred in the December, 1930, number of CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE.

The new Standard Specification specifies a tensile strength of 1:3 mortar as follows: At 7 days, 22 kg/qcm (325 lbs.) per sq. inch; at 28 days, 25 kg/qcm (357 lbs.) per sq. inch.

An approximation to the British Standard Specification is thus attempted.

Warsaw.

ANTONI EIGER.

Polish Cement Industry.

THE production capacity of the seventeen Polish cement factories now amounts to about 2,500,000 tons, as compared with 1,300,000 tons in 1913. During the last three years the production of cement in Poland was as follows: 1927, 808 tons; 1928, 1,070,000 tons; 1929, 1,009,000 tons. It will be seen that the factories are working barely to one half of their capacity.

The consumption of cement in the home market during the last three years varied between 630,000 tons in 1927, 998,000 tons in 1928, and 890,000 tons in 1929. Average consumption per head of population amounts to 33 kg., and should it rise to the level prevailing in Germany the Polish home market would consume as much as three million tons per annum, or three times the present consumption.

Notwithstanding its remoteness from ports (on the average 400 miles), the Polish industry is looking for export markets. During the first post-war years exports of cement were insignificant. From 1927, however, the Polish cement industry exported during each of the three years about 120,000 tons, principally to South America, the Baltic countries, and the Near East. The Polish Union of Portland Cement Factories is conducting active propaganda for the purpose of increasing home consumption, including the erection of model homes built entirely of concrete in order to introduce in Poland the mass production system of building houses, and energetic propaganda for the construction of concrete roads. For the latter purpose all the cement factories in Poland formed a subsidiary, "Concrete Roads, Ltd.," which in collaboration with the Polish Ministry of Works is preparing a scheme of constructing a network of concrete roads covering the whole of Poland. Last year an experimental laboratory was established for carrying out practical tests in order to find the best methods for Polish climatic and other conditions, and a number of experimental roads have been constructed near Warsaw, Lwow, and in Silesia.

The Polish cement industry is organised into a cartel embracing all the existing factories and registered as "Centrocement, Ltd." In addition, groups of factories are associated in the joint management of their factories, in the purchase of raw materials, and the allocation of production quotas.

Book Review.

International Directory of the Cement, Lime and Gypsum Industries (Adressbuch der Zement-, Kalk- und Gipsindustrie). Published by VERLAG "DER BAU-KURIER," Berlin-Charlottenburg. Price 15 RM.

This handbook has been considerably altered as compared with the 1925 edition. It gives information as to the organisation of the industries concerned including the sales associations. In the case of German cement firms, detailed information is given of each company. A complete list of cement works throughout the world forms part of the handbook. There is also a complete list of German lime and gypsum works.

Recent Patents Relating to Cement.

Portland Cement. WATT, F. S., Dart-
hurst, Wigmore, Chatham, Kent. May 7,
1929. No. 332,322.

Relates to processes for the manufacture of Portland and like cements in which a fine spray of slurry is caused to pass through the hottest part of the flame in a kiln to produce a clinker in a fine state of subdivision. According to the invention, the slurry nozzle or nozzles and the burner or burners are arranged parallel to each other.

FIG.1.

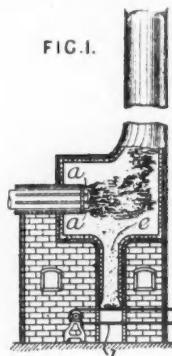
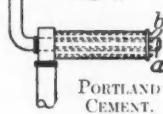


FIG.4.

PORTLAND
CEMENT.

or are arranged so that the jets of slurry converge at the hottest part of the flame, or so that the flames converge upon a central spray of slurry. As shown in Fig. 1, a number of slurry nozzles (a) surround a central burner and are parallel thereto. The clinker is deposited as a fine powder and passes down through an outlet (e) on to a travelling belt (l). In a modification (Fig. 4) a number of burner jets (b') surround a central slurry nozzle (a) and are bent inwards to cause the flames to converge.

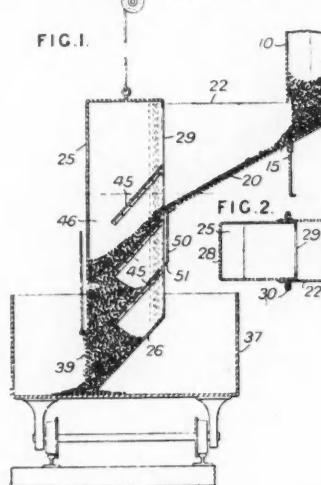
Loading Coal, etc. ADAMS, H., 934, Park Avenue, Plainfield, New Jersey, U.S.A. May 27, 1929. No. 333,656.

Coal, etc., from a bin (10) passes a gate (15) and chute or washing apron (20) and enters the open side (29) of a vertically adjustable chute (25) extending to the

bottom of a wagon (37), or of the hold of a vessel, etc., the chute (25) being raised as loading proceeds. The material is retained in the chute (25) by inclined plates (45), each extending lower than the top of the plate beneath, and a vertical passage (46) is left adjacent to the side (28) of the chute. The mouth of the chute is provided with a sliding gate (39) which may be initially closed so that the chute is filled and loading proceeds without breakage of the coal. In

FIG.1.

FIG.2.



LOADING COAL, &c.

filling the chute (25) before opening the gate (39), the coal may at first be introduced near the bottom (26), and the chute lowered as it is filled. A guard plate (50, 51) is fitted below the feeding chute (20) to retain any material falling during the vertical movement of the chute (25). The chute (20) is provided with vertical walls (22) and the chute (25) slides on flanges (30) on these walls as shown in Fig. 2. For loading a vessel, a rotatable trimmer chute is fitted on the bottom of the chute (25), the delivery from the latter to the trimmer chute being controlled by a horizontal plate valve.

[The foregoing are taken from "The Illustrated Official Journal" (Patents) by permission of H.M. Stationery Office. Copies of full Specifications may be obtained from the Patent Office, 25, Southampton Buildings, W.C.2, price 1s. each.]

VOLUME 4. NUMÉRO 2.

FÉVRIER 1931

CEMENT

AND

CEMENT MANUFACTURE

LE JOURNAL INTERNATIONAL DU CIMENT EN QUATRE LANGUES.

PARTIE FRANÇAISE

PUBLIÉ PAR : CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ANGLETERRE.

Publié le 20 de chaque mois.

Prix du numéro, 2 schellings.

Abonnement annuel, 24 schellings (Frs. 150), franco.

La chaux libre dans le ciment.

La Building Research Station a publié une méthode pour doser la chaux libre qui contient le ciment après sa prise.¹ Cette innovation est un fait déjà important en soi, mais ne constitue probablement que le début d'une série de recherches, susceptibles de fournir le moyen d'évaluer l'allure de l'hydratation des diverses substances qui constituent le ciment, ainsi que le degré auquel le ciment se trouve hydraté. Les recherches déclenchées par les réclamations sur la qualité d'un ciment s'en trouveront grandement facilitées, car, dans bien des cas, les tentatives pour découvrir les causes d'un durcissement défectueux ne donnaient aucun résultat tangible. La méthode consiste à chauffer, après prise, deux échantillons de ciment, l'un à 350°, l'autre à 550°; on les plonge ensuite dans l'eau, et on détermine la quantité de chaleur qui se dégage. La différence des deux chiffres obtenus est une donnée permettant de calculer la chaux libre qui existait dans les échantillons expérimentés. Le procédé est basé sur cette observation, vérifiée expérimentalement à la Building Research Station, que quand on chauffe après prise du ciment à 350°, il perd toute l'eau qu'il contient, sauf celle combinée à l'état d'oxyde de calcium hydraté; cette substance se déshydrate par contre complètement entre 350 et 550°. L'échantillon chauffé à 550° s'hydrate à nouveau dans le calorimètre; le dégagement de chaleur est dû à la combinaison de la chaux vive à l'eau, et à l'hydratation d'autres substances contenues dans le ciment; or cette dernière quantité se mesure en procédant à l'hydratation de l'échantillon déjà chauffé à 350°. La quantité de chaleur qui correspond à l'hydratation de la chaux vive s'obtient alors par différence. La chaleur de combinaison de la chaux avec l'eau étant une quantité connue, il est alors facile de calculer la proportion de chaux libre. La brochure décrit clairement la technique du procédé, ainsi que les coefficients de correction à faire intervenir dans les calculs. On pourrait se demander pourquoi la seule perte au feu que subit le ciment Portland durci entre 350 et 550° ne fournirait pas d'indications suffisantes sur la proportion d'oxyde de calcium hydraté qu'il contient. La brochure expose que l'importance de la perte au feu correspond bien à la teneur en oxyde de calcium hydraté, mais n'explique ni pourquoi il est nécessaire de procéder à la délicate

opération de déterminer un dégagement de chaleur, ni pourquoi elle néglige la perte au feu. En regardant les choses de plus près, on se rendra compte que les raisonnements basés sur l'étude de la courbe de la perte au feu du ciment durci, en fonction de la température, peuvent être étendus aux températures inférieures à 350° et supérieures à 550°, ce qui permettrait de doser les principaux constituants du ciment en se basant sur leur hydrolyse.

On a cherché, il y a déjà quelques années, à mettre au point une méthode sûre pour doser la chaux libre dans le ciment encore à l'état de poudre, pour mettre à la disposition des techniciens une épreuve chimique d'invariabilité de volume, pouvant remplacer ou doubler les épreuves à l'eau chaude, qui n'ont qu'une base empirique. Le laboratoire de recherches de la American Portland Cement Association a publié un mémoire détaillé² sur une méthode qu'il reconnaît ne pas être d'une précision absolue, et qui, pour une teneur en chaux libre de 2%, donne une erreur en plus ou en moins de 0,3%. La méthode consiste à dissoudre la chaux libre contenue dans le ciment dans un solvant chaud, de glycérol et d'alcool, et à titrer la liqueur au moyen d'acétate d'ammonium en solution alcoolique normale. Le temps que demande cette détermination varie de trois à huit heures; elle ne peut par suite être adoptée comme une pratique courante dans les cimenteries. A vrai dire, la méthode n'est applicable qu'au clinker non moulu, car presque tous les ciments du commerce contiennent quelque peu de chaux libre, formée par l'hydratation partielle du ciment par absorption de l'eau contenue dans le gypse ou incorporée autrement; la méthode ne permet pas de distinguer la chaux hydratée et la chaux non combinée, due à une fabrication défective. Il semble par suite qu'il reste encore à trouver le moyen d'évaluer la constance de volume du ciment par voie chimique.

¹ Rapport technique No. 9 du Building Research, publié par le H.M. Stationery Office, Londres, prix 6d.

² Portland Cement Association Fellowship, Rapport No. 23, U.S. Bureau of Standards, Washington (E.U.).

Les importations de ciment au Brésil.

LES données suivantes sont les chiffres officiels indiquant les importations de ciment au Brésil, pour les années 1928 et 1929. Les importations des différents pays sont données en tonnes, et en pourcentage du total.

1928.—D'Allemagne, 103 961 tonnes (22,79%); de Belgique 85 010 tonnes (18,63%); de Danemark, 101 725 tonnes (22,30%); des Etats-Unis, 3 999 tonnes (0,87%); de France, 10 302 tonnes (2,26%); d'Angleterre, 60 837 tonnes (13,33%); de Hollande, 2 656 tonnes; d'Italie, 6 365 tonnes (1,4%); de Norvège, 5 706 tonnes (1,2%); du Canada, 850 tonnes; de Suisse, 52 237 tonnes (11,45%); de l'Uruguay, 462 tonnes; de Pologne, 22 025 tonnes (4,83%); des autres pays, 71 tonnes. Total: 456 212 tonnes.

1929.—D'Allemagne, 121 575 tonnes (22,71%); de Belgique, 125 024 tonnes (23,35%); de Danemark, 111 860 tonnes (20,89%); des Etats-Unis, 3 897 tonnes (0,73%); de France, 12 866 tonnes (2,40%); d'Angleterre, 64 927 tonnes (12,13%); de Hollande, 2 285 tonnes; d'Italie, 11 592 tonnes (2,16%); de Norvège, 11 761 tonnes (2,19%); du Canada, 850 tonnes; de Suisse, 56 725 tonnes (10,59%); de l'Uruguay, 343 tonnes; de Pologne, 11 534 tonnes (2,15%). Total: 535 276 tonnes.

Four vertical ou four rotatif ?

par RUDOLF ZOLLINGER.

La valeur relative de ces deux systèmes est une question qui a déjà fait couler beaucoup d'encre, et il est regrettable que les fabricants de ciment, mieux que tous autres à même d'en juger, soient si avares de leur opinion, laissant aux constructeurs de matériel le soin de tirer la chose au clair.

Nous nous proposons de montrer dans ce qui suit qu'aucun des deux systèmes n'avait d'avantages absolus sur l'autre, et que chacun d'eux, dans des conditions déterminées possédait ses avantages propres. Il suffit d'avoir été appelé par ses fonctions à s'occuper des deux systèmes pour trouver incompréhensible cette discussion, qui a déjà créé beaucoup de confusion. En parcourant la littérature, on y trouve les deux systèmes condamnés ou jugés avec la plus grande faveur, selon que l'auteur construit des fours rotatifs ou des fours verticaux. Dans ce qui suit, on tentera de juger équitablement les deux systèmes, en notant que l'auteur a été appelé à s'occuper des deux systèmes, et qu'il n'est retenu par aucune considération étrangère.

Si les conditions locales sont telles que les deux systèmes soient possibles, l'expert responsable se décidera pour le four vertical, s'il s'agit d'une production journalière inférieure à 100 tonnes, production pour laquelle les fours verticaux sont toujours d'un rendement économique supérieur. Si la production augmente, l'argument se retourne progressivement en faveur de l'autre solution; pour une production moyenne, les deux systèmes offrent des possibilités de rendement équivalentes, tandis que pour une production élevée ou très élevée, le four rotatif comportera incontestablement le meilleur rendement. Pour une très grande exploitation industrielle, la supériorité économique du four rotatif n'est pas née, même par les spécialistes du four vertical. La détermination, dans chaque cas, de la limite d'application des deux systèmes, est une affaire de calcul. Le choix du charbon, la conduite du four, l'utilisation très poussée des chaleurs perdues, soit comme source d'énergie, soit seulement en vue du séchage, sont des facteurs qui affectent naturellement plus ou moins le rendement du four rotatif. A l'heure actuelle, et le fait est incontestable, la consommation de combustible du four rotatif est encore trop élevée, et c'est son point le plus faible. Il est inutile d'insister sur ce sujet, car tous les spécialistes savent que depuis quelque temps la technique du four rotatif se présente sous un jour nouveau à la suite de l'introduction du four Lepol, et les plus grands espoirs sont désormais justifiés.

Incontestablement, le four Lepol n'est pas encore l'idéal, mais il ne faut pas perdre de vue qu'il constitue une nouveauté indéniable. Sa mise au point n'est pas terminée, et nous ne tiendrons compte provisoirement que des résultats positivement acquis. Mais, même si le four rotatif continuait à se perfectionner dans le sens indiqué, il sera toujours inférieur pour les très petites productions, arriverait-on à déplacer au profit du four rotatif la ligne de démarcation où le rendement des deux systèmes est à peu près équivalent.

En ce qui concerne la qualité, que la cuisson confère au produit, on peut dire que jusqu'à ces temps derniers le clinker du four vertical était bien inférieur au clinker du four rotatif, car le four vertical donne toujours une quantité plus ou moins grande d'incuits. Les perfectionnements du four vertical, qui en ont fait un four à grande production, ont amélioré de beaucoup cet état de choses, mais jusqu'à ce jour il est douteux qu'il soit possible d'obtenir au four vertical un produit absolument équivalent à celui du four rotatif. Provisoire-

ment aucun clinker de four vertical ne peut soutenir la lutte avec le clinker obtenu au four rotatif par le procédé du délayage épais, quelle que soit la qualité de la cuisson.

Il est difficile de dire si à ce point de vue on pourra dans l'avenir rétablir un certain équilibre, mais j'émets des doutes à ce sujet, sans vouloir dire en aucune façon que le clinker de four vertical ne vaut rien. Tout au contraire, il est très possible d'obtenir au four vertical du bon clinker, même s'il n'a pas la qualité de celui du four rotatif; c'est le système seul qui en est cause. Au four vertical la cuisson est toujours conduite à l'aveugle; on ne se rend compte des conditions de l'opération qu'avec un décalage de quelques heures, quand il est trop tard. C'est là que réside l'avantage énorme du four rotatif, car on a continuellement sous les yeux le produit de la cuisson, et, à chaque moment, en modifiant la quantité de charbon, la vitesse de rotation, l'arrivée de l'air, la conduite de la flamme, on arrive à régler la cuisson comme le demande la matière, ce qui a une importance considérable lorsqu'il s'agit de la cuisson de matières crues d'une composition très variable. Si l'on dispose de matières de qualité bien régulière, cet inconvénient perd de son importance, mais toujours est-il que le four rotatif tire de là son principal avantage. C'est pour cette raison qu'il faut renoncer à tout système de refroidissement accouplé au four, si du moins il doit constituer un prolongement direct de ce dernier, car les poussières qui se dégagent inévitablement et la distance plus grande qui sépare le cuiseur des matières cuites empêchent l'opérateur de voir ces dernières, ce qui supprime en partie les grands avantages que confère le réglage continu.

Le four rotatif est particulièrement apprécié lorsque les températures de scorification et de fusion sont relativement rapprochées. Les mélanges de ce genre donnent encore de bons résultats s'ils sont cuits au four rotatif, alors qu'au four vertical ils créent des difficultés qui obligent souvent à arrêter la marche après un temps très court. Si le contrôle continu de la cuisson confère un grand avantage au four rotatif, il présente par contre un grave inconvénient, et entre les mains d'un cuiseur incapable on risque de s'attirer des mécomptes très sérieux. En modifiant trop souvent le réglage, et surtout s'il est fait peu judicieusement, il peut se former des anneaux successifs de boue et de matière cuite. Le cuiseur d'un four rotatif doit mettre son intelligence à contribution bien plus que son collègue du four vertical, qui a une tâche bien plus facile, si du moins la matière qu'il est chargé de cuire a bien la qualité qui convient à son four; dans le cas contraire, il faut également que ce soit un artiste, pour que le produit soit à peu près utilisable.

Il est à peine besoin de mentionner que si l'on dispose d'huile brute ou de gaz à bas prix, le four rotatif s'impose, et de même, si le prix du charbon est élevé, il est rare que l'on adopte le four rotatif, à cause de sa grande consommation de charbon, si du moins des raisons tout à fait spéciales ne militent en sa faveur.

Il résulte de ce qui précède que la question du four rotatif et du four vertical ne peut être tranchée ex cathedra et, pour un établissement industriel, le mieux est de se rendre compte de la situation avec tous les éléments en mains et de prendre lui-même sa décision sur la base de ces études, qui ne sauraient être trop approfondies.

Il existe aussi bien des fours rotatifs que des four verticaux dont l'installation a été une erreur, et a donné lieu à des mécomptes qui auraient pu être évités en majeure partie.

Considérations chimiques et économiques mises à part, d'autres contingences purement extérieures peuvent imposer l'un ou l'autre système; par exemple,

la pénurie d'eau serait prohibitive pour le four rotatif, du moins en tant que four pour la cuisson des boues préparées suivant le procédé du délayage épais, pour lequel il a été plus spécialement conçu. La question du transport peut être également un facteur déterminant, et il y a lieu de rappeler que un équipement d'une production journalière de 70 à 80 tonnes de ciment représente environ 1000 tonnes à transporter, dans le cas du four rotatif, avec des pièces pesant individuellement jusqu'à 30 tonnes; on peut se trouver en présence d'un transport difficile et onéreux, s'il s'agit d'une contrée dépourvue de moyens de transport modernes. Il est bien évident que si les transports se font dans des conditions difficiles, l'encombrement réduit des pièces détachées de l'équipement est un argument de valeur; il sera par suite avantageux de monter un four vertical, pour éviter le transport des viroles du four rotatif, d'une manutention peu facile. On verra par contre rarement édifier un four vertical dans les contrées tropicales, si la chose est évitable, car l'abondance des précipitations pendant la saison des pluies rend indispensable la pratique du séchage; une telle installation donnerait un si mauvais rendement, qu'elle serait rarement à recommander, d'autant plus qu'on ne l'améliorerait en rien en installant un système de distribution permettant de mettre le séchoir hors circuit pendant la saison sèche; tout au contraire, cette installation ne ferait que rendre l'exploitation plus onéreuse. On devra, dans ce cas recourir au procédé par délayage épais.

Pour conclure, on ne peut que répéter succinctement ce qui vient d'être dit: Les deux systèmes ont leurs bons côtés et chacun d'eux peut s'imposer dans des conditions données; un technicien averti, seul, pourra, dans chaque cas, prendre la décision qui convient.

L'industrie du ciment en Espagne.

La "Commission Asesora," qui constitue en Espagne le Comité chargé d'examiner et de réglementer les relations des organismes officiels et de l'industrie du ciment, vient de publier son rapport; ce document est la première publication officielle espagnole qui contienne des statistiques complètes, concernant l'industrie du ciment.

La partie officielle traite des réglementations émises conformément aux suggestions de la "Commission Asesora," dont les travaux sont relatés. Les Normes applicables au ciment espagnol font l'objet de la deuxième partie, qui est complétée par un parallèle des dites Normes avec celles des autres pays. Le document donne, en outre, la production annuelle des diverses usines espagnoles, de 1920 à 1928, ainsi que la consommation des diverses provinces pour la même période.

Une série de graphiques met en lumière la production en ciment Portland des divers pays du globe. Le livre contient également un rapport concernant les quantités vendues en 1929 par les diverses usines espagnoles dans chaque province, les chiffres concernant les importations, certains renseignements à ce sujet, les particularités des agrandissements projetés des usines existantes et des usines neuves en construction, des renseignements sur la production et la capacité des usines espagnoles, et le texte des prescriptions officielles émises en Février dernier, actuellement en vigueur en Espagne.

Cette intéressante publication se termine par une série d'excellentes reproductions photographiques de diverses cimenteries, et d'usines importantes construites en Espagne, avec du ciment espagnol.

Chimie théorique et pratique du ciment.—V.

par Dr. H. KÜHL.

La chimie des ciments à haute résistance.

LES quatres articles déjà parus sur la chimie du ciment Portland forment un exposé de la fabrication et du durcissement de ce matériau, dans lequel nous pouvons trouver certains éléments, nous permettant de nous faire une opinion sur les voies et moyens à explorer pour améliorer nos procédés de fabrication. La première question qui se pose est de savoir à quelles exigences techniques doit répondre un ciment, aussi parfait qu'il est possible de le concevoir.

On a, de tout temps, apprécié la qualité d'un ciment par les coefficients de résistance que lui sont applicables; la qualité la plus importante d'un ciment est bien son durcissement, mais ce durcissement trouve dans les coefficients de résistance son expression la plus saisissante. La méthode a toutefois évolué, car, autrefois, les épreuves portaient sur la résistance à la traction, et ce n'est que par la suite que l'on s'est décidé à remplacer les essais de traction par les essais de compression; cette évolution a été plus ou moins rapide dans les divers pays, et elle est encore relativement peu marquée dans les pays anglo-saxons, Angleterre et Etats-Unis, où la résistance à la traction joue encore aujourd'hui un très grand rôle dans l'épreuve du ciment. Le passage de l'essai de traction à l'essai de compression a coïncidé avec l'amélioration des méthodes d'essai; la raison, à l'origine, en était que l'on pensait pouvoir déterminer la résistance à la compression plus exactement que la résistance à la traction, et, en outre, que dans l'industrie du bâtiment, le ciment est évidemment plus souvent sollicité à la compression qu'à la traction. On ne prévoyait pas que le moment viendrait où la résistance à la compression et la résistance à la traction donneraient des indications divergentes quant à la qualité du ciment; nous en sommes là actuellement, et je serai amené dans la suite du présent article à reprendre cette question, pour une raison un peu différente.

Avant d'entrer plus en détail dans mon sujet, je rappellerai que la résistance n'est pas la seule propriété que les essais de ciment concernent, et que le temps de prise, ainsi que l'invariabilité de volume, sont également des propriétés qui doivent satisfaire à certaines conditions, qu'il importe de considérer pour apprécier un ciment. Un bon ciment Portland doit arriver lentement au début de sa prise, et durcir rapidement; par lentement, il faut entendre que le début de la prise ne doit pas avoir lieu en moins de 1 à 2 heures, comptées à partir du gâchage. La technique dispose de divers moyens pour donner au temps de prise la valeur qui convient, et il n'est relativement pas trop difficile de fabriquer du ciment Portland ayant le temps de prise voulu.

On se trouve en présence de difficultés beaucoup plus grandes pour l'invariabilité de volume. D'après les spécifications des normes des divers pays, un ciment Portland est considéré comme ayant une stabilité de volume suffisante, quand la galette de 10 à 12 cm de diamètre, que l'on a préparée sur une plaque de verre, et immergée dans l'eau, conserve après 28 jours ses arêtes vives, et reste plane ainsi que dépourvue de fissures. Certains pays ont adopté des spécifications spéciales, parmi lesquelles l'épreuve d'ébullition joue un grand rôle; Michaelis prescrit que cette épreuve soit faite sur une galette de ciment, alors que Le Chatelier se sert à cette fin d'un petit appareil à aiguille. Je ne pense pas qu'il y ait un seul pays civilisé où l'on ne considère, comme de volume essentiellement invariable, un ciment susceptible de satisfaire à l'épreuve d'eau froide de 28 jours, et à l'épreuve d'ébullition, et de plus, pour sa composi-

tion chimique, aux spécifications concernant la teneur en magnésie et en acide sulfurique.

Quoique ces spécifications soient très claires, et que presque tous les ciments que l'on trouve aujourd'hui dans le commerce leur soient conformes, il ne faut pas oublier qu'il n'existe pas encore aujourd'hui un seul ciment qui soit réellement invariable de volume, dans le sens le plus strict du mot. Tous les ouvrages en ciment sont soumis à l'action du gonflement et du retrait; on considérera ces phénomènes comme une nécessité naturelle, si l'on se rappelle que le ciment durci est une masse de gel plissé qui, en raison de ses propriétés, doit nécessairement se mettre en état d'équilibre avec la vapeur d'eau qui l'entoure. En fait on ne manque pas de tenir compte de ces phénomènes dans la pratique, et il est nettement contraire aux règles de l'art de couler, d'une seule pièce et sans joints, de grandes étendues de béton, ou un revêtement de chaussée; après un temps donné, il est inévitable que ces surfaces se fissurent, en raison du retrait du ciment, qui correspond à une diminution de volume.

L'activité que se manifeste dans le mortier de ciment semble sortir du cadre que présentent les seuls phénomènes de retrait et d'expansion. Ces dernières années, les recherches que Gensbaur a faites sur ce sujet ont suscité une certaine attention; Gensbaur a trouvé que l'on constatait une régression considérable de la résistance, quand on immergeait dans l'eau des éprouvettes de ciment, durcies à l'air. L'épreuve imaginée par Gensbaur, dite épreuve Kl, d'après la ville où il réside, Kladno, consiste à immerger dans l'eau pendant 28 jours des éprouvettes qui avaient été préalablement conservées pendant 28 jours conformément aux spécifications de la conservation combinée, soit 1 jour dans une caisse humide, 7 jours dans l'eau, et 21 jours à l'air; l'essai de résistance se fait à la fin de la période de conservation. Gensbaur a constaté que, dans ces conditions, les cas étaient extrêmement nombreux où la résistance après 56 jours était considérablement plus faible qu'après 28 jours; il pensait que dans l'épreuve, dite Kl, la régression de la résistance devait être imputée à une expansion cachée, autrement dit à une expansion que les épreuves courantes d'invariabilité de volume ne permettent pas de déceler.

Il va de soi que le terme expansion cachée ne peut que susciter une certaine sensation, et donner lieu à des commentaires défavorables; au premier abord, il semblait que l'on pouvait trouver une explication très simple aux constatations de Gensbaur. Le docteur Haegermann, du Laboratoire de l'Union des fabricants allemands de ciment Portland, a réussi à montrer que, non seulement les éprouvettes de ciment, mais aussi la plupart des roches naturelles perdaient une partie de leur résistance, quand on les conservait dans l'eau après les avoir séchées à l'air; même les roches naturelles denses, comme la pierre calcaire et le granit, subissent une perte de résistance.

Je me suis occupé personnellement d'une façon assez approfondie de cette question, et j'ai fait l'épreuve de vingt cinq ciments Portland, en me plaçant dans des conditions très différentes, pour voir comment ils se comportaient en les conservant alternativement dans l'eau et à l'air. Le diagramme de la figure 19 montre la variation de résistance d'un ciment, lorsqu'il est conservé dans les conditions de l'épreuve, dite Kl. La figure comporte deux tracés, l'un pour la résistance à la traction, l'autre pour celle à la compression; les résistances sont portées en ordonnées, et en abscisses, on a porté les temps, non en valeur absolue, mais par leurs logarithmes, pour mieux tirer parti de la place disponible pour cette épure. On voit que la résistance à la traction, aussi bien que la résistance à la compression, augmentent toutes deux jusqu'au 28^{ème} jour; à ce moment, quand on replace les éprouvettes dans l'eau, la résistance subit une régression assez brusque, et passe peu après par un

minimum. Quand une deuxième période de 28 jours s'est écoulée, donc après une conservation d'une durée totale de 56 jours, la résistance s'est améliorée dans une certaine mesure. Si Gensbaur, au lieu d'attendre 56 jours, avait fait ses essais de résistance moins tardivement, par exemple après 32 jours, il aurait constaté une régression bien plus forte de la résistance.

Outre le régime de conservation alternée proposé par Gensbaur, j'ai fait d'autres épreuves sur le ciment, qui consistaient à le placer tous les trois ou tous les sept jours dans l'eau, puis à l'air et ainsi de suite. On voit sur la figure 20 la variation de résistance obtenue quand le durcissement se fait sous ce régime; le tracé montre qu'à l'air, la résistance augmente assez régulièrement, et que dans l'eau, la régression se fait avec une régularité presqu'aussi grande. En raison de cette régularité, on peut admettre avec vraisemblance que l'allure de la courbe dépend de causes purement physiques. Il est cependant assez rare qu'un ciment fournisse un tracé d'un régularité absolue; avec la plupart d'entre eux, on obtient pour la résistance des chiffres très irréguliers. Il

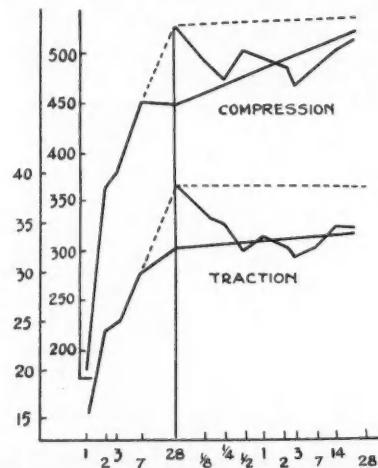


Fig. 19.—Résistance du ciment, dans l'épreuve KI. Les temps de prise sont reportés en abscisses par leurs logarithmes.

arrive même que les choses se passent à l'inverse, et qu'à l'air la résistance diminue, alors que dans l'eau elle augmente. Lorsque le durcissement donne lieu à ce phénomène imprévu, comme l'indique Gensbaur, il faut en rechercher la raison dans des causes chimiques, et nous nous trouvons alors amenés tout naturellement à imaginer que le ciment est l'objet d'un travail élastique interne, sans nous préoccuper autre mesure du nom à donner aux forces entrant ainsi en jeu. Pour que la qualité d'un ciment mérite d'être qualifiée de particulièrement bonne, et que ce ciment puisse être considéré comme le summum de ce que l'industrie du ciment peut réaliser dans l'avenir, il est évident que nous exigerons qu'il ne soit pas l'objet d'un tel travail élastique, et que son durcissement sous le régime de l'alternance ne donne pas des chiffres qui s'écartent par trop de la normale.

Je viens d'exposer avec quelque détail le phénomène de régression de la résistance quand le durcissement se fait sous le régime de l'alternance, car il

semble qu'il y ait une certaine relation entre les irrégularités observées au durcissement sous ce régime de conservation, et les anomalies que l'on constate dans le rapport de la résistance à la traction et de la résistance à la compression, lorsque l'on opère sur des éprouvettes préparées au mortier de sable; quand un ciment présente ce caractère d'irrégularité, il semble pouvoir s'en déduire que l'on frôle la question de l'expansion, et même, dans certaines conditions, que c'est elle qui entre en jeu. Ces déductions me ramènent aux réflexions, auxquelles je me livre depuis de longues années, sur l'amélioration du ciment, et que je ne puis omettre d'exposer ici, au moment d'en arriver aux perfectionnements que le ciment est susceptible de recevoir. Il me faut faire ici une courte parenthèse sur les conditions dans lesquelles un ciment est sujet à expansion, et sur les phénomènes chimiques qui la provoquent.

On sait que le caractère distinctif des mortiers de ciment à forte expansion est de se fendiller et de gonfler après durcissement, et de se désintégrer ensuite. En se basant sur l'apparence du phénomène, les anciens techniciens du ciment ont cru pouvoir imputer l'expansion à l'augmentation de volume consécutive à l'extinction de la chaux libre; ils ont pensé que le processus de l'expansion ne différait pas beaucoup des phénomènes qui accompagnent l'extinction de la

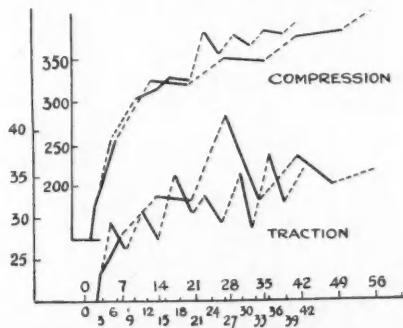


Fig. 20.—Variation de la résistance sous le régime de la conservation alternée à l'eau et à l'air.

chaux grasse, extinction qui coïncide également avec un fort gonflement, si du moins l'extinction se fait à sec. L'industrie du ciment a manifesté un certain étonnement quand, en 1910, j'ai pu montrer, par une expérience très simple, que l'expansion du ciment était liée, non à une augmentation de volume, mais au retrait du mortier. Verse-t-on par exemple dans un flacon, jusqu'au tiers de sa capacité, une pâte de consistance sirupeuse, préparée avec un ciment expansif, et que l'on remplisse ensuite le flacon avec de l'eau, en opérant avec précaution pour que l'eau ne se mélange pas au ciment, si on laisse reposer le flacon, on assiste au phénomène suivant: tout en faisant prise et en durcissant, la pâte de la partie inférieure du flacon se contracte, ce dont on se rend compte par le ménisque du col du flacon, qui ne cesse de descendre, et se déplace par suite en sens contraire de celui qu'auraient prévu les savants de l'époque précédente, en se basant sur la théorie de l'augmentation de volume des ciments expansifs. Après quelques jours, les forces créées par l'expansion du ciment font éclater le flacon, ce qui met fin à l'expérience. C'est évidemment un phénomène curieux que le ciment de la partie inférieure du

flacon se contracte, et qu'il exerce néanmoins sur la paroi du flacon une pression qui le fasse éclater.

On peut interpréter de diverses façons les phénomènes chimiques qui interviennent dans ce cas, et que se rattachent vraisemblablement à la chimie capillaire; il me suffit de constater qu'il n'existe aucune différence fondamentale, sous le rapport du volume, entre les ciments expansifs, et ceux que ne le sont pas; rien n'empêche par suite de concevoir les ciments de toutes les qualités intermédiaires entre les ciments expansifs et les ciments de volume invariable, et d'envisager leur réalisation. Il ne peut par suite y avoir, ni ligne de démarcation bien nette entre les ciments expansifs et ceux qui ne le sont pas, ni procédé expérimental indiscutable pour déterminer cette ligne de démarcation inexistante.

Si l'on augmente progressivement la teneur en chaux d'un ciment, l'expérience montre que le ciment voit s'accroître aussi bien sa résistance à la traction que sa résistance à la compression; mais à partir d'une certaine teneur en chaux, on constate d'abord des anomalies dans la résistance à la traction, alors que la résistance à la compression continue à augmenter. Lorsque la teneur en chaux augmente encore, il se produit une régression de la résistance à la compression, et c'est à ce moment que toute nouvelle majoration de la teneur en chaux donne nettement au ciment son caractère expansif. De ce qui précède, on peut déjà conclure qu'il existe une relation incontestable entre la teneur en chaux, la résistance à la traction, celle à la compression, et la tendance du ciment à l'expansion; c'est sur ce raisonnement qu'il nous faut prendre appui pour attaquer le problème de l'amélioration du ciment. Du ciment à haute résistance de l'avenir, nous exigerons qu'il fasse montre de supériorité, non pas dans un compartiment déterminé de ses caractéristiques, mais pour toutes ses propriétés; d'après ce qui vient d'être dit, cette condition se ramène à fixer avec précision la teneur en chaux des ciments à haute résistance.

Quel est, en réalité, l'état actuel de cette question? En Allemagne, les spécifications normales, et le commerce, distinguent deux qualités de ciment: les ciments Portland à haute résistance, et les ciments Portland ordinaires. Les spécifications applicables au temps de prise et à l'invariabilité de volume sont les mêmes pour les deux qualités de ciment; par contre, les conditions de résistance, stipulées pour les ciments à haute résistance, sont particulièrement dures, car, après trois jours, ces ciments doivent déjà présenter une résistance élevée à la traction et à la compression, résistance que l'on ne demande pas aux ciments Portland ordinaires. Donc, selon les spécifications officielles allemandes (et les spécifications de la plupart des pays sont d'accord à ce sujet avec les spécifications allemandes) le ciment Portland à haute résistance est un ciment qui manifeste en premier lieu une haute résistance initiale.

Puisque tel est l'état actuel des choses, je dois déclarer, en ce qui me concerne, ne voir qu'un commencement dans cette conception du ciment à haute résistance. Je pense que, pour améliorer les ciments futurs, il faudrait établir au point de vue stabilité de volume des exigences plus dures que celles qui s'appliquent au ciment Portland ordinaire; pour le moment, je laisse entièrement de côté la question de la nature de ces exigences. Nous nous trouvons ici en présence d'un problème de la plus grande difficulté, dont la solution est encore très lointaine. Mon opinion personnelle tend à être que, pour apprécier l'invariabilité de volume d'un ciment, le mieux serait de se baser sur le rapport que présentent entre elles les diverses résistances, par exemple la résistance à la traction et la résistance à la compression, toutes deux obtenues sur des éprouvettes ayant séjourné dans l'eau. En ce disant, j'exprime une idée que j'avais déjà émise

en 1910, lorsqu'en Allemagne l'essai de résistance à la traction a été remplacé par l'essai de compression. Je me rends cependant bien compte que le problème pourrait peut-être également être résolu par une autre voie, et je ne considère pas qu'il soit impossible que les anomalies que nous constatons avec la conservation sous le régime de l'alternance ne jouent éventuellement un rôle dans cette question.

Si nous en venons maintenant aux questions d'ordre chimique sur lesquelles reposera l'amélioration des ciments industriels, il nous est aisément de nous rendre compte que le premier problème que se pose est de fixer la teneur en chaux la plus favorable. Il est facile de calculer la teneur en chaux que doit comporter un ciment parfait, dès que l'on a arrêté dans son esprit les substances qui doivent le constituer. Dans mon article sur la composition du clinker de ciment Portland, j'ai exposé que les constituants les plus importants du clinker de ciment Portland étaient l'alite et la céléite, et le problème sera de préparer le mélange cru de telle façon, compte tenu de la teneur en chaux, que le processus de la cuisson produise de l'alite et de la céléite en quantité aussi grande que possible, et peut-être même à l'exclusion de toute autre substance.

Après avoir exposé cette règle fondamentale qui fixe la teneur en chaux, nous pouvons nous demander s'il nous faudra observer également des règles spéciales pour la silice, l'alumine, et l'oxyde de fer. D'habitude, dans la fabrication du ciment, on ne se préoccupe pas trop de la composition de l'argile; la plupart des industriels croient suffisant de fixer avec précision la teneur en chaux de leur mélange cru. Quelle que soit l'argile employée, il est certain que l'on peut obtenir un ciment à haute résistance, que ce terme soit pris dans son sens actuel ou dans sa signification future; il suffit d'employer la chaux et l'argile dans la proportion voulue, de les préparer avec soin, de les cuire à fond, et enfin de moudre le clinker jusqu'à un degré de finesse très poussé. Quelque simples que ces règles paraissent, leur application présente néanmoins des difficultés pour de nombreux industriels, en particulier s'il s'agit d'installations déjà anciennes, dépourvues d'équipements modernes. Dans ces cimenteries, pour composer le mélange cru, il est judicieux de tenir compte, non seulement de la teneur en chaux, mais aussi de surveiller d'autant près que possible la composition de la matière argileuse.

La qualité d'un ciment ne dépend jamais de ses constituants pris en valeur absolue, mais de leur proportion relative; me basant sur cette remarque, j'ai déjà proposé, il y a de nombreuses années, d'apprécier les ciments d'après ces proportions, voie dans laquelle j'ai été précédé par Michaelis, qui, par son module hydraulique, fait intervenir le rapport existant entre la chaux et la matière argileuse. Michaelis considère le module hydraulique comme étant le rapport entre la chaux et la somme silice, plus alumine, plus oxyde de fer, tous exprimés en fraction centésimale; de même j'appellerai module des silicates, la fraction silice sur la somme alumine plus oxyde de fer, et par module du fer, la fraction silice sur oxyde de fer. Pour mettre ces notions en valeur, préparons un certain nombre de ciments, tous favorablement dosés au point de vue chaux, mais dont le module des silicates prenne des valeurs successivement croissantes; ceci revient à dire, que si l'on commence avec un ciment riche en silice, pour les suivants, le teneur en silice diminuera, tandis que celle en alumine et en oxyde de fer augmentera. En broyant tous ces ciments au même degré de finesse, et en pratiquant leur essai dans les mêmes conditions, on trouve que ce sont les ciments, pour lesquels le module des silicates atteint ses deux valeurs extrêmes, qui fournissent les plus grandes résistances, tandis que, pour les valeurs intermédiaires du module des silicates, les ciments sont

de qualité inférieure aux précédents. En d'autres mots, les ciments qui font preuve de la meilleure résistance sont, d'une part ceux très riches en silice, et, d'autre part, ceux très pauvres en silice.

Cette constatation se traduit industriellement par la mise en application de deux procédés de fabrication, qui, tous deux, cherchent à améliorer la qualité du ciment en attaquant le problème par son côté chimique. Les deux ciments ainsi obtenus sont un ciment très riche en silice, et un ciment très pauvre en silice, que fabriquent quelques usines sur les données que je leur ai fournies.

Le module des silicates du premier ciment est de 3 ou 4; sa teneur en silice est, par suite, 3 à 4 fois plus élevée que sa teneur en alumine et oxyde de fer.

Il n'est pas très facile de fabriquer les ciments de cette nature; les opérations préliminaires doivent être faites avec le plus grand soin, et ils demandent à être cuits à fond. Si les opérations sont bien conduites, et que leur mouture soit d'une finesse suffisante, on obtient des ciments d'une grande résistance initiale, ce qu'on pourrait imputer à leur forte teneur en silicate tricalcique.

Les ciments obtenus conformément à mes données sont à l'antipode du ciment riche en silice, en ce sens que leur forte résistance initiale provient manifestement de leur haute teneur en alumine, donc de leur enrichissement en aluminaux de calcium. Le durcissement rapide des ciments riches en alumine est un phénomène connu depuis longtemps déjà; on sait également que les ciments alumineux n'offrent aucune garantie au point de vue temps de prise, en ce sens qu'ils sont sujets à faire prise rapidement. Dans mon procédé de fabrication de ciments à résistance initiale élevée, j'ai surmonté cette difficulté en augmentant la teneur en oxyde de fer, parallèlement à l'augmentation en alumine. Les ciments fabriqués sur mes données, tout en contenant beaucoup d'alumine et d'oxyde de fer, comportent si peu de silice, que leur module des silicates s'abaisse à 1,2 ou 1,4. Les ciments obtenus sur mes données sont d'une fabrication relativement facile, en ce sens qu'ils ne sont pas d'une teneur en chaux d'une précision absolue, et que leur cuisson peut s'opérer à une température relativement modérée. La fabrication ne présente, à vrai dire, qu'une seule difficulté, provenant de ce que le clinker se ramollit assez facilement, et on risque par suite d'avoir des collages dans le four vertical, et de former des anneaux dans le four rotatif.

Le ciment à haute-silice n'atteint ses excellentes qualités qu'à condition de le soumettre à une cuisson très vive, pour que les clinkers scorifiés soient très compacts; les ciments fabriqués sur mes données se scorifient assez facilement, ils ont même une légère tendance à entrer en fusion, la scorification donne naturellement aux clinkers une grande compacité, et ce parallèle suffit pour faire ressortir l'extrême importance de la scorification pour la qualité du ciment. A mon avis, pour certains procédés secrets, le secret de fabrication réside dans la scorification; c'est ce qui justifie tous les tours de main destinés à faciliter la scorification, lorsqu'il s'agit d'adapter le processus de la cuisson à la fabrication de ciments d'une résistance supérieure. Ces considérations se traduisent en pratique par l'emploi de fondants, sur lesquels je me propose d'ajouter quelques mots dans le dernier de cette série d'articles.

Avant d'aller plus avant, proposons nous de nous occuper encore un peu des phénomènes chimiques qui accompagnent la marche de la scorification, en vue de faire ressortir que les réactions dont il s'agit passent par des phases multiples, dont certaines se déroulent à l'état solide. Quand les substances minérales qui constituent le clinker se forment dans le bain scorifiant à partir

des matières premières, la marche des réactions joue un rôle extrêmement important dans la qualité du produit final, et, en nous livrant à une analyse plus approfondie de ces phénomènes, nous en arrivons à cette déduction surprenante, que, dans certains cas, le ciment issu de la scorification est meilleur, lorsque la farine crue n'est pas par trop finement moulue. Dans la " Tonindustrie-Zeitung " (Journal des industries de l'argile), il est paru, il y a quelques années, un article, intitulé " Mahlt das Rohmehl nicht zu fein " (Ne soumettez pas vos matières premières à une mouture trop fine). Il va de soi, qu'à l'époque, cet article a soulevé de nombreuses contradictions, auxquelles j'ai moi-même participé; mais après avoir exécuté un assez grand nombre d'essais de cuisson, j'ai dû me rendre à l'évidence qu'il existe effectivement des cas où l'on obtient un meilleur ciment, en utilisant une farine crue moins finement moulue.

Ce phénomène est resté longtemps inexplicable pour moi; à l'heure actuelle, je suis parvenu à une connaissance plus approfondie de la chimie du ciment Portland, et j'ai également réussi à élucider cette question. Si l'on dispose d'une farine crue ayant exactement la composition voulue, la farine la mieux moulue donnera le meilleur clinker; mais si, par mesure de précaution, on a préparé la farine avec une teneur en chaux un peu faible, comme je vous le montrerai tout à l'heure, une farine crue grossière fournira un meilleur ciment que la même farine très finement moulue.

Si la composition moyenne de la farine crue correspond à une teneur en chaux un peu faible, et que la mouture de cette farine soit aussi parfaite que possible, on obtiendra un clinker trop pauvre en chaux dans toutes ses parties, et, par suite, de qualité inférieure. Cette même farine est-elle moulue moins fine, on aura un enrichissement en chaux autour des granules de chaux plus grossiers, tandis qu'en dehors de ces points, la teneur en chaux sera plus faible que ne le comporterait une mouture d'une extrême finesse; avec les farines crues grossières, on obtient donc un clinker de composition variable, riche ou pauvre en chaux suivant le point considéré. Mais les parties riches en chaux du clinker se rapprochent du clinker parfait, et ont par suite un pouvoir durcissant beaucoup plus grand qu'un clinker de composition plus régulière, obtenu à partir d'une farine crue finement moulue; les parties pauvres en chaux du clinker non homogène ont par contre un pouvoir durcissant moindre que les parties correspondantes du clinker, qui serait fourni par une farine crue d'une préparation bien régulière. Mais l'action de la chaux se manifeste avec beaucoup plus de vigueur si elle est bien dosée que si la teneur du clinker en chaux est restée plus ou moins en deçà de la proportion voulue; il s'ensuit qu'un ciment, dont une partie au moins a la teneur voulue en chaux, aura, malgré la présence d'éléments de moindre valeur, une résistance mécanique plus élevée qu'un clinker contenant en moyenne trop peu de chaux. C'est ce qui explique pourquoi le ciment un peu pauvre en chaux donne effectivement un meilleur ciment, lorsqu'il n'est pas trop finement moulu.

Comme je l'ai déjà dit, la scorification est d'une importance primordiale dans la qualité du ciment; la durée de la cuisson, et l'allure du refroidissement, semblent également jouer un rôle nullement négligeable. Toutes sortes de recherches ont été faites à ce sujet, qui tendent à montrer, qu'en particulier, le refroidissement rapide augmente le pouvoir durcissant du clinker. Il se peut que nous nous trouvions placés dans les conditions qui jouent un rôle si décisif, lors de la granulation du laitier de haut fourneau. Le laitier refroidi lentement ne possède, à un degré appréciable, aucune des propriétés requises pour la fabrication du ciment; le même laitier, refroidi rapidement, constitue, comme on le sait, une matière première de grande valeur pour la fabrication du ciment

Portland de fer, et du ciment de laitier de haut fourneau. Le refroidissement rapide a pour effet, dans ce cas, de fixer un état instable, et il faut que le laitier liquide se refroidisse si vite, qu'il se vitrifie en prenant l'état solide, pour échapper aux phénomènes de cristallisation qui ont lieu lorsque le refroidissement est lent. Le laitier refroidi brusquement, et vitrifié en prenant l'état solide, possède un potentiel chimique nettement supérieur au laitier refroidi lentement, potentiel auquel on peut imputer son activité chimique en présence de l'eau, et par suite son importance dans la technique des liants. Le clinker se comporte d'une façon semblable, fût-elle moins marquée; dans ce cas, le refroidissement rapide se traduit également par la fixation d'un état instable, d'un potentiel chimique supérieur à celui du clinker refroidi lentement.

A la cuisson du ciment succède sa mouture, opération qui donne également lieu à toute une série de remarques, dont il faut tenir compte si l'on veut améliorer la qualité d'un ciment. Ces remarques sont pour la plus grande partie d'ordre purement technique, et je les réserverais pour le prochain article, entièrement consacré à la technique des ciments à haute résistance. Pour terminer le présent article, je n'insisterai plus que sur un point, la diminution du temps de prise qui a lieu quand la finesse de mouture augmente. A mesure que le clinker de ciment subit une mouture plus fine, on constate que son temps de prise diminue; ce phénomène paraît tout naturel, si l'on considère que, plus la mouture est fine, plus la surface des particules de ciment augmente, ce qui accroît évidemment leur activité chimique, et la vitesse avec laquelle elles se combinent à l'eau. Il est toutefois curieux que, pour presque tous les ciments, cette diminution du temps de prise fait un bond à une certaine finesse de mouture, et que le ciment à prise lente devient brusquement un ciment prompt. Quand la finesse de mouture augmente, le début de la prise, qui avait lieu après quatre heures, arrive progressivement à se faire en deux heures, par exemple; il arrive qu'il suffise d'augmenter de très peu le degré de finesse, pour que le temps du début de la prise s'abaisse brusquement à quelques minutes.

Je citerai à ce propos un phénomène tout à fait analogue, auquel donne lieu l'addition de gypse, addition faite dans le but de régler le temps de prise. Un de mes élèves, M. Brans, a étudié l'action du gypse pour différentes finesse de sa mouture, et a constaté naturellement que l'action du gypse était d'autant plus forte, qu'il était plus finement moulu. Mais, indépendamment de ce phénomène, il est apparu que pour chaque variété de gypse, il y avait une proportion critique à laquelle il fallait arriver, pour que la prise soit retardée d'une manière sensible. Cette proportion critique est d'autant plus élevée que le gypse est plus grossier. Les tableaux 3 et 4 donnent un résumé succinct des travaux de M. Brans. On voit que, pour les diverses granulations du gypse, une petite différence dans la quantité ajoutée suffit pour transformer un ciment prompt en ciment à prise lente; dans ce cas également, le phénomène présente une variation brusque, qui semble être en relation étroite avec la variation brusque du temps de prise, lorsque la finesse de mouture augmente. Pour le gypse comme pour la finesse de mouture, l'allure de la réaction est régie par l'importance des surfaces exposées, et cette constatation mettra notre attention en éveil, lorsqu'il s'agira de découvrir les relations de cause à effet qui gouvernent la chimie des colloïdes. J'ai également édifié une théorie pour expliquer l'action du gypse, basée sur sa vitesse de dissolution, et sur son activité superficielle. Il ne m'est pas possible d'exposer plus longuement ces phénomènes, en raison de la place limitée dont je dispose; ce que je viens de dire suffit toutefois pour montrer l'importance de la finesse de mouture, dans la fabrication des ciments de haute résistance.

TABLEAU V.—ACTION DU GYPSE SUR LE DÉBUT DE LA PRISE.

| Mouture du gypse. | Très grossière. | Grossière. | Finesse moyenne. | Fine. |
|------------------------|-----------------|------------|------------------|---------|
| Addition de gypse % .. | 21,5 25,8 | 17,2 19,4 | 10,8 1,8 | 2,7 3,8 |
| Temps de prise | 5' 400' | 6' 300' | 4' 210' | 5' 118' |

TABLEAU VI.—ACTION DU GYPSE SUR LA FIN DE LA PRISE.

| Mouture du gypse. | Grossière. | Finesse moyenne. | Fine. | Très fine. |
|------------------------|------------|------------------|----------|------------|
| Addition de gypse % .. | 12,9 14,0 | 10,2 10,8 | 4,8 5,3 | 1,6 2,2 |
| Temps de prise | 20' 135' | 25' 210' | 15' 138' | 25' 190' |

Ces considérations sur la chimie constituent le point de départ des perfectionnements que le ciment Portland est susceptible de recevoir, mais elles resteraient incomplètes, si l'on ne mentionnait l'action des produits d'addition, que nous avons la possibilité d'incorporer au clinker, à la mouture, pour stimuler son activité chimique. Nous en arrivons ainsi à empiéter sur le domaine du chimiste, car la catalyse joue actuellement, en chimie industrielle, un rôle de la plus grande importance dans de nombreuses opérations. Le gypse, on le sait, ne tarde pas seulement le temps de prise, mais augmente aussi la résistance; d'autres sulfates exercent, du reste, une action analogue à celle du gypse. Dans la recherche sur l'amélioration du durcissement initial du ciment, outre le gypse, on n'a pas manqué de faire l'essai d'autres substances d'addition, en quantité innombrable. Parallèlement au gypse, signalons en particulier l'action du chlorure de calcium, qui, incorporé en faible quantité, améliore la résistance; cette substance a, par contre, la propriété, pleine d'inconvénients, de diminuer énormément le temps de prise, lorsque sa proportion augmente tant soit peu, et c'est pourquoi elle ne peut être employée qu'avec les plus grandes précautions.

J'ai déjà tenté de rendre pratique l'addition au ciment de plus grandes quantités de chlorure de calcium, en n'incorporant pas cette substance telle quelle, mais en ajoutant le chlore au ciment sous une autre forme, susceptible de donner du chlorure de calcium en présence de l'eau de gâchage, par hydrolyse ou tout autre réaction chimique. Dans un but purement scientifique, j'ai fait appel pour ces essais à des substances dont l'application industrielle ne peut être envisagée, telles le chloroforme, l'hydrate de chloral, le tétrachlorure de carbone, et l'acide trichloracétique. Aucun de ces essais n'a donné de résultat marquant, car le chlorure de calcium se formait toujours, soit trop vite, soit trop lentement, et le ciment devenait prompt, ou bien encore n'était pas l'objet de l'augmentation de résistance escomptée.

Par la suite, j'ai procédé à des recherches très étendues sur l'action catalytique de tous les cations et anions possibles, au point de vue de sa répercussion sur la résistance. Pour les cations, les résultats obtenus peuvent se résumer succinctement comme suit :

Substances améliorant la résistance, employées en petite quantité : chlorures de lithium, sodium, potassium, ammonium, calcium, strontium, baryum, cadmium, aluminium, et fer.

Substances sans influence marquée : hypochlorites de magnésium, chrome, nickel, cobalt, et fer.

Substances nuisibles à la résistance : manganèse et étain, et tout particulièrement le zinc et le cuivre.

Le plomb exerce une action destructrice.

Dans l'ensemble, les métaux d'un poids atomique faible sont avantageux, ceux d'un poids atomique élevé sont nuisibles.

L'influence des anions est moins, prononcée, et je n'insisterai pas à ce sujet. Je ne relaterai plus qu'une observation frappante qu'il m'a été donné de faire, l'augmentation de résistance à la compression d'une éprouvette, résistance qui est passée en un jour de 58 à 238 Kg, par l'addition d'environ 2% de bromure de calcium ; dans ce cas, la très forte augmentation est manifestement à imputer au brome. Je n'ai pas poursuivi mes expériences dans cette voie, car, pour des raisons de prix de revient, on ne pourra jamais envisager l'application du brome à l'industrie du ciment.

Dans l'ensemble, mes études sur l'influence des catalyseurs m'ont donné l'impression que les recherches dans cette voie étaient susceptibles de donner des résultats, mais que les phénomènes sont très complexes ; il ne nous est pas possible d'évaluer le temps qui s'écoulera jusqu'au jour où sera élucidée l'influence des catalyseurs, et où ils pourront être d'une application générale dans l'industrie du ciment.

Pour le moment, dans l'état actuel de la science, les recherches doivent se borner à améliorer les procédés de fabrication, et à préciser la composition de la farine crue en chaux, silice, alumine et oxyde de fer ; c'est dans cette voie que l'industrie du ciment pourra faire de nouveaux progrès. Après avoir ainsi exposé le côté chimique du problème, je consacrerai le dernier article à la solution des problèmes techniques que pose la fabrication.

Les nouvelles normes polonaises.

MONSIEUR.—Etant l'auteur de la proposition relative à la modification des spécifications ou Normes Polonaises applicables aux fournitures de ciment, je me permets d'appeler votre attention sur une omission à ce sujet dans le No. de Décembre 1930 de CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE.

Les nouvelles Normes spécifient, pour le mortier à 1:3 la résistance à la tension suivante : à 7 jours, 22 kgs/cm² (325 lbs par pouce carré) ; à 28 jours, 25 kgs/cm² (357 lbs par pouce carré).

On arrivera ainsi approximativement aux Normes ou spécifications britanniques.

ANTONI EIGER.

Varsovie.

Avis.

Tous les articles publiés en quelque langue que ce soit dans CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE, sont rigoureusement de propriété littéraire, et ne peuvent être reproduits dans d'autres journaux, ou sous forme de catalogues, sans l'autorisation des propriétaires : Concrete Publications Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, Londres, S.W.1, Angleterre.

Instruments de mesure et instruments enregistreurs pour fours rotatifs.—I.

par A. C. DAVIS.

DIRECTEUR ADMINISTRATEUR DES USINES DES ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.

DANS les fours rotatifs, la transformation des matières crues en clinker à ciment comporte quatre phases, qui se déroulent dans un même appareil ; ce processus reste le même, que la fabrication se fasse suivant l'un ou l'autre des procédés humide ou sec. Ces quatre phases sont :

- (1) Séchage des matières crues (même dans le procédé, dit sec, les matières crues sont légèrement humides à leur entrée dans le four).
- (2) Chauffage des matières crues à la température d'expulsion de l'acide carbonique.
- (3) Continuation du chauffage jusqu'à ce que l'expulsion de l'acide carbonique s'accompagne de la formation d'oxyde de carbone.
- (4) Elévation de la température de l'oxyde de calcium en présence des constituants argileux du mélange, jusqu'au point où se produit le commencement de fusion.

Les méthodes de fabrication modernes exigent que l'opération de la cuisson soit l'objet d'un contrôle scientifique, et il est plus qu'évident qu'un tel contrôle a une répercussion marquée sur le rendement et sur l'économie de l'exploitation. Il serait avantageux de mesurer la température et de recueillir d'autres renseignements en un certain nombre de points du four, pour mieux suivre la marche des réactions, mais, en pratique, les difficultés que l'on rencontre ont limité jusqu'à ce jour le champ de ces investigations.

La forme des fours rotatifs, et la nature des matières qu'ils traitent, empêchent pratiquement de faire emploi d'instruments scientifiques pour observer et contrôler la deuxième et la troisième phase du processus de la cuisson, et l'on se borne, en pratique, à opérer aux deux extrémités du four. Rappelons qu'en amont, par où se fait l'entrée des matières crues, le four est relativement froid, et qu'en aval, par où se fait la sortie du clinker, le four est chaud, le combustible étant en pleine combustion, et les matières sont l'objet d'un commencement de fusion.

Nous nous occuperons en premier lieu de l'extrémité froide, et les renseignements qu'il serait avantageux d'avoir sont :

- (1) Température des gaz à la sortie.
- (2) Composition des gaz à la sortie.
- (3) Quantité de matières crues entrées dans le four.
- (4) Humidité des matières crues, en fraction centésimale.
- (5) Quantité des matières, supposées séchées, emportées par les gaz à la sortie.
- (6) Dépression à l'extrémité amont du four, créée par la cheminée ou le ventilateur.

A l'extrémité chaude du four, il serait utile d'employer des instruments de contrôle pour recueillir les renseignements suivants :

- (1) Température du clinker dans la zone du commencement de fusion.
- (2) Pression de l'air dans le four et dans la conduite des flammes.
- (3) Poids par unité de temps du combustible consommé, charbon pulvérisé ou huile lourde.
- (4) Quantité d'air primaire véhiculant le charbon pulvérisé jusqu'à la zone de combustion.
- (5) Température du clinker, à la sortie du four.
- (6) Température de l'enveloppe des tambours cuiseur et refroidisseur.
- (7) Poids du clinker produit.

Nous nous proposons de décrire avec quelques détails les divers instruments en usage, susceptibles de fournir les renseignements demandés.

Mesure des températures.—A la sortie du four, la température des gaz brûlés est comprise entre 200 et 650°, limites pouvant être dépassées dans les deux sens et s'appliquant, la première aux fours modernes établis pour le procédé humide, et la seconde au procédé sec. Pour déterminer les températures inférieures, comprises dans les limites spécifiées, on peut se servir de thermomètres à mercure garnis d'azote, ou de thermomètres à tension de vapeur. Ces appareils sont tous deux délicats, et susceptibles de s'endommager dès qu'ils dépassent la température formant la limite supérieure pour laquelle ils ont été étalonnés.

Quand la température s'approche de la limite supérieure indiquée précédemment, il devient nécessaire de recourir à d'autres moyens de mesure, et l'expérience montre que, même pour les températures plus faibles, il est préférable d'employer des instruments qui résistent mieux à un excès de température et aux conditions sévères qu'implique le fonctionnement des fours rotatifs.

Les pyromètres thermo-électriques sont des instruments qu'il est possible de construire de façon à satisfaire aux dures exigences qu'impose la pratique industrielle, et leur emploi est actuellement très répandu dans les cimenteries. L'équipement pyrométrique comporte un thermo-couple, et un appareil indicateur ou enregistreur, actionné par l'énergie électrique produite par le thermo-couple, quand il est soumis à l'action de la chaleur. Un thermo-couple est constitué par deux lames, toutes deux d'un métal ou d'un alliage différent, et qu'il suffit de mettre en contact intime et de chauffer à une extrémité, pour obtenir une différence de potentiel électrique à l'autre. En réunissant l'extrémité froide des deux métaux formant le couple par un galvanomètre ou un millivoltmètre qui ferme le circuit, on obtient un courant électrique qui fait dévier l'aiguille de l'appareil. L'importance de la déviation dépend uniquement de la différence de température des extrémités froide et chaude du couple, car la force électromotrice augmente avec la température, et par suite également le courant qui parcourt le circuit. La force électromotrice que fournit ce dispositif peut atteindre une valeur de l'ordre de 60 millivolts; elle est fonction de la température, et des métaux qui constituent le couple. On établit d'habitude galvanomètres et millivoltmètres de façon que la simple lecture donne la température en degrés. Ce dispositif constitue le pyromètre thermo-électrique réduit à sa forme la plus simple, mais, en pratique, il faut lui apporter de nombreux perfectionnements, pour qu'il constitue un instrument robuste et sûr.

Pour construire un thermo-couple, les groupes de deux métaux ou alliages différents que l'on peut employer sont très nombreux, et les appareils eux-mêmes se divisent en deux catégories : ceux construits avec les métaux

" rares " (platine, iridium, rhodium, etc.), et ceux pour lesquels on emploie des métaux, dits de " base," qui sont moins chers, et parmi lesquels on peut citer le fer, le cuivre, le chrome, le nickel. Pour nombre d'applications industrielles, et en particulier pour les cimenteries, on emploie des couples constitués par les métaux de base, la combinaison habituellement employée étant le fer, et un alliage de fer et de cuivre, connu sous le nom de constantan. Le couple prend généralement la forme d'un tube en fer de 16 mm de diamètre, dans l'axe duquel se trouve un fil de constantan, soudé à l'une des extrémités du tube, qui est fermée. A l'extrémité opposée, qui est froide, le tube et le fil de constantan se raccordent à deux bornes montées sur une tête isolée; il vaut mieux n'employer pour isolant ni porcelaine, ni tout autre matériau fragile, susceptible de se casser si on laisse tomber le pyromètre. Il ne faut pas que le fil de constantan puisse venir au contact du tube entre la soudure chaude et la tête de l'appareil; si le fil n'a pas par lui-même la raideur voulue, on pare à cette éventualité, soit au moyen de baguettes isolantes, soit au moyen d'un tube de porcelaine ou d'amiant.

Nous n'avons pas pour but de nous étendre longtemps sur les détails techniques et les perfectionnements que comportent les thermo-couples modernes, et les lignes qui suivent ne donneront qu'une description succincte des réalisations auxquelles a donné lieu le principe exposé. Un pyromètre, conforme à la description qui précède, et par suite réduit à sa forme la plus simple, verrait les variations de température de son extrémité chaude se répercuter à son extrémité froide; il s'ensuit que son appareillage de mesure serait influencé par ces variations de température, car il ne se trouverait que rarement dans les mêmes conditions qu'au moment de l'étalonnage de l'équipement. Les variations de la résistance électrique du circuit, dues aux variations de température, bouleverseraient le fonctionnement de cet équipement, et pour surmonter cette difficulté, il est nécessaire de placer en série avec l'appareillage de mesure une résistance relativement importante, formant volant, qui réduise au minimum les variations de résistance parasites. Du côté de la soudure froide, on aplaniit les difficultés qu'occasionnent les variations de température au moyen de ce que l'on appelle une extension compensatrice, qui a pour effet de reporter la soudure chaude en un point où les variations de température de l'extrémité froide du thermo-couple n'exercent plus aucune répercussion. Les conducteurs formant cette extension compensatrice peuvent être prolongés directement jusqu'à l'appareillage de mesure, mais généralement, surtout si la distance est longue, on se sert de conducteurs en cuivre pour relier l'extrémité de l'extension compensatrice à l'appareillage de mesure. Les conducteurs peuvent être pratiquement de longueur quelconque, et, dans les cimenteries, ils peuvent atteindre 800 m. Sur la figure 1 (page 131), on voit toutes les parties dont l'ensemble forme le pyromètre indicateur, et qui comprennent la tige avec son fourreau, l'extension compensatrice, les conducteurs de cuivre, et l'appareil indicateur.

Par rapport aux thermomètres à mercure garnis de gaz, ordinaires ou modifiés, en verre ou en acier, et aux thermomètres à tension de vapeur, l'un des avantages du pyromètre thermo-électrique est que, lorsque l'on a une fois pour toutes converti les variations de température qui se produisent en un endroit donné en variations de potentiel électrique en un autre endroit, qui peut être assez éloigné, il est possible de disposer l'appareil de mesure et l'appareil enregistreur en un endroit quelconque.

Dans une cimenterie, l'équipement complet d'un pyromètre thermo-électrique comprend un appareil indicateur monté à l'entrée du four sur la plateforme de cuiseur, à l'usage de ce dernier, et un appareil indicateur monté dans le

bureau du directeur ou du contremaître. La figure 2 (page 132), représente un appareil enregistreur à un seul stylet.

On se trouve généralement dans l'obligation de relever d'autres températures que celle des gaz à la sortie du four, auquel cas on dispose d'habitude à proximité de l'opérateur un interrupteur à plusieurs directions, qui lui donne à volonté la température du point choisi. L'appareil enregistreur relève alors plusieurs températures, jusqu'à quatre sur la même bande, et l'on emploie des encres de couleurs différentes pour différencier les températures qui s'appliquent aux divers points. Lorsque l'on veut enregistrer simultanément la température de plus de quatre points, on installe généralement des appareils enregistreurs supplémentaires, mais si le même équipement ne peut relever que quatre températures, quoique les points de prise soient en plus grand nombre, on munit l'appareil enregistreur d'un tableau à fiches qui permet de brancher les quatre circuits momentanément choisis. La figure 3 (page 133) représente un appareil de ce genre, la figure 4 (page 133) un pyromètre enregistreur à deux stylets, et la figure 5 (page 134) un appareil enregistreur à deux bandes, chacune à trois stylets.

Pour que l'arrangement des divers éléments d'un équipement pyrométrique soit combiné judicieusement, il faut, autant que possible, que le couple soit disposé verticalement et fixé par le haut, mais s'il faut absolument le placer horizontalement, il faut le gainer par un tube formant support, jusqu'à trente centimètres de son extrémité chaude.

En pratique, pour un four rotatif, il est difficile de déterminer la position donnant la température moyenne des gaz, qui est celle que l'on veut connaître. En aval du four, la turbulence des gaz brûlés est considérable, et pour trouver le point où la température a bien une valeur moyenne, il est nécessaire de relever la température en un certain nombre de points, répartis horizontalement et verticalement sur le trajet des gaz brûlés, et de se rendre compte de la répartition de la température par un graphique.

Il faut bien veiller à ne pas placer l'extrémité du couple en un endroit où il puisse être l'objet d'échanges de chaleur par radiation ou conduction avec une surface trop rapprochée, par exemple à proximité de la coulotte d'entrée de la boue dans le four; le voisinage d'une pièce relativement froide pourrait se traduire par des indications trop faibles par rapport à la température vraie.

Il faut fréquemment nettoyer l'extrémité du couple, pour enlever les dépôts éventuels de boue ou de poussières, dont l'accumulation donnerait lieu à des indications inexactes sur la température.

Les câbles reliant le couple à l'appareillage doivent être bien isolés et bien protégés, et, autant que possible, il faut qu'ils soient disposés de façon à être à l'abri de la radiation du four.

Lorsque le nombre des points dont on relève la température est important, on plonge généralement les soudures froides dans un bain d'huile, étant entendu qu'il existe des dispositifs pour mesurer la température de l'huile, et la mettre à l'abri des fluctuations de température, dues à des causes extérieures. On est ainsi certain que les soudures froides de tous les câbles sont bien à la même température, et que les indications fournies sont strictement comparables. Sur la figure 6 (page 135), on voit le dispositif d'immersion des soudures froides; la figure concerne un pyromètre indicateur, avec tableau à six directions.

L'emplacement de l'appareillage, soit indicateur, soit enregistreur, ne peut être arrêté qu'à la suite d'un examen attentif; il doit être aussi froid que possible, et, s'il est monté à proximité du four, l'appareillage doit être abrité de la radiation du four. Il importe également que l'emplacement soit aussi peu poussiéreux que possible; bien que les appareils que l'on trouve dans le

commerce soient presque toujours enfermés dans des boîtes étanches à la poussière, il est néanmoins rare que les plus fines poussières n'y pénètrent pas.

Analyse des gaz brûlés à la sortie du four.—Les gaz brûlés consistent principalement en azote, acide carbonique, eau sous forme de vapeur d'eau surchauffée, un peu d'oxygène libre, et, quelquefois, des traces d'oxyde de carbone; les appareils qui permettent de connaître en volume la proportion de ces différents gaz sont très nombreux. Lorsque l'on veut procéder à des analyses très complètes, on emploie généralement l'appareil "Orsat," dont il existe divers types; si l'on n'exige que des analyses partielles, on peut utiliser des appareils enregistreurs, qui ne s'appliquent généralement qu'à l'acide carbonique, mais dont certains sont sensibles à l'oxygène ou à l'oxyde de carbone.

L'appareil "Orsat" est constitué par un aspirateur, une burette graduée à chemise d'eau, et des pipettes d'absorption. La burette est généralement graduée en dixièmes de centimètres cubes, et sa capacité totale est de cent centimètres cubes. Pour aspirer les gaz, on emploie généralement de l'eau. Les diverses pipettes sont étudiées pour doser, en volume, l'acide carbonique, l'oxygène, et l'oxyde de carbone, l'azote étant obtenu par différence. Comme l'analyse se fait à une température très voisine de la température ambiante, la vapeur d'eau que contenaient les gaz se condense, et on peut pratiquement la négliger.

Pour absorber l'acide carbonique, on se sert de potasse ou de soude caustique; c'est cette dernière que l'on choisit généralement. Pour l'oxygène on emploie une solution alcaline d'acide pyrogallique, et, pour l'oxyde de carbone du chlorure cuivreux, soit en solution acide, soit en solution ammoniacale; cette dernière liqueur a un pouvoir absorbant plus considérable, et son emploi est plus avantageux.

L'absorption de l'acide carbonique se fait très simplement, au moyen d'une pipette, mais, pour l'oxygène et l'oxyde de carbone, l'opération est un peu plus complexe. Pour que l'absorption se fasse en un temps aussi court que possible, on a imaginé des pipettes de diverses formes; dans les unes, le gaz a une surface de contact aussi grande que possible avec le liquide absorbant, et dans les autres, on force le gaz à passer à travers l'absorbant, ce qui provoque une certaine turbulence.

Dans les pipettes de la forme la plus simple, comme celle que représente la figure 7 (page 136), le gaz arrive par le tube central jusqu'au fond de la pipette, et remonte à la surface en formant des bulles; les pipettes de ce genre sont quelquefois garnies de petits tubes de verre, ce qui augmente de beaucoup la surface mouillée par l'absorbant avec lequel le gaz doit venir en contact.

La figure 8 (page 137) représente une pipette dans laquelle l'absorption s'effectue très rapidement, et ce dispositif est bien efficace pour déceler les traces d'oxygène ou d'oxyde de carbone, ce que est dû au fait que le contact du gaz et de l'absorbant se fait sous une vive agitation. Comme dans la pipette qui vient d'être décrite, le gaz arrive au fond de l'éprouvette par le tube central, dont l'extrémité se redresse pour pénétrer à angle droit dans un autre tube plus gros, enroulé en hélice, qui se prolonge jusqu'à la partie supérieure du vase clos. A partir du point où il pénètre dans le tube hélicoïdal, et à l'intérieur de ce dernier, le tube central prend une direction ascendante tout en prenant la forme d'un ajutage; les gaz qui en sortent le font fonctionner comme injecteur, et entraînent une certaine quantité de réactif, qui se renouvelle par l'orifice inférieur du tube spirale; ce dernier canalise le gaz et le réactif jusqu'à la partie supérieure de la pipette. Il se produit une grande agitation; le gaz et le réactif se trouvent en contact intime pendant la durée

de leur circulation dans le tube spirale, et l'absorption se fait avec une grande rapidité. La figure 9 (page 137) représente un appareil "Orsat" complet et transportable.

L'appareil "Orsat" peut être également utilisé pour déceler la présence de certains hydrocarbures, ainsi que celle de l'hydrogène et du méthane quand on l'emploie conjointement avec la bombe Hempel; ces gaz n'existant pas dans les flammes des fours rotatifs de cimenterie, nous nous bornerons à mentionner cette application supplémentaire, à laquelle se prête cet appareil si utile. On construit également des appareils "Orsat" dans lesquels un certain nombre de pièces en verre sont remplacées par des pièces métalliques, mais leur principe et la méthode pour doser les constituants d'un mélange gazeux sont les mêmes que pour l'appareil décrit ci-dessus; la figure 10 (page 138) représente un appareil de ce genre.

Il existe, en outre, des appareils enregistreurs donnant par un tracé continu le dosage de certains constituants d'un mélange gazeux, et qui fonctionnent de façon satisfaisante, mais il ne peuvent s'employer pour plus de deux gaz à la fois. La plupart de ces appareils enregistreurs sont basés sur le principe de l'absorption, mais d'autres, en petit nombre, impliquent des principes différents.

L'un de ces appareils, destiné à enregistrer la présence de l'acide carbonique, fonctionne électriquement, en mettant à profit la différence de conductibilité thermique de l'acide carbonique et de l'air. L'équipement complet constituant cet appareil, représenté figure 11 (page 139), comprend un filtre à noir de fumée, un aspirateur fonctionnant à l'eau, et le groupe des organes de mesure pour CO_2 ; ce dernier, dit catharomètre, représenté figure 12 (page 140), comporte deux petites chambres cylindriques, dans chacune lesquelles se trouve une spirale en fil de platine; ces deux spirales sont identiques, et connectées électriquement pour former les deux bras d'un pont de Wheatstone; les deux petites chambres sont entourées d'une enveloppe métallique. Quand les spirales sont parcourues par un courant électrique, elles s'échauffent, et cèdent de la chaleur à l'enveloppe métallique qui les entoure; leur température, et par suite leur résistance électrique, sont donc fonction de la conductibilité thermique des gaz qui les baignent.

Si l'air circulait dans les deux chambres, et à la même vitesse, les deux spirales offriraient toujours la même résistance au passage du courant; par contre, quand l'une des chambres est parcourue par de l'air, et l'autre par de l'acide carbonique, l'effet de refroidissement prend plus d'importance dans l'une des chambres que dans l'autre; le pont de Wheatstone est déséquilibré, ce qui fait dévier l'aiguille du galvanomètre intercalé dans le circuit, et son écart angulaire est fonction de la quantité d'acide carbonique qui existe dans le mélange. Le galvanomètre est étalonné en fractions centésimales, donnant la proportion d'acide carbonique. Le catharomètre doit être placé aussi près que possible de l'endroit où se fait le prélèvement des gaz; l'équipement est complété, soit par un appareil de mesure, soit par un appareil enregistreur, que l'on peut disposer à toute distance normale du catharomètre, la liaison se faisant simplement par des fils isolés; ces appareils sont généralement analogues à ceux employés en pyrométrie.

La méthode électrique, sous une forme légèrement modifiée, s'applique également au dosage continu de l'oxyde de carbone et de l'oxygène, mais dans ces deux cas la détermination se fait par différence. Le gaz à doser est converti par combustion en acide carbonique, et le catharomètre donne la différence entre les teneurs en acide carbonique, avant et après combustion.

(À suivre.)

L'Industrie du ciment en Uruguay.

Nous extrayons ce qui suit d'un rapport de M. Keith Jopson (vice-consul d'Angleterre à Montevideo), intitulé " Economic Conditions in Uruguay " (Londres, H.M. Stationery Office, prix 1s. 6d. net) :

Le président a émis un avis défavorable au sujet du projet de loi du ministre de l'industrie, ayant pour objet la création d'une fabrique de ciment Portland d'Etat; il a manifesté son opposition à toute mesure qui puisse aboutir à l'établissement d'un monopole d'Etat, en ajoutant qu'une meilleure solution serait de réduire les droits à l'importation du ciment, si le prix du ciment fabriqué sur place par la Compañía Uruguaya de Cemento Portland soulevait des objections. Il s'ensuivit que le projet de loi n'eût pas de suite; à titre transitoire, jusqu'au jour où il aura été installé une nouvelle usine capable de faire concurrence à celle existant actuellement, on a proposé de suspendre les droits de douane de 34% que supporte le ciment Portland importé, et de ne percevoir que les taxes dont bénéficie l'Administration du Port.

La Compañía Uruguaya de Cemento est une fabrique de ciment Portland, moderne par ses installations; elle est équipée de quatre fours rotatifs, capables d'une production annuelle de 288 000 tonnes, supérieure à la consommation du pays dans une proportion de près de 28%. La société a été formée conformément à la loi uruguayenne, mais constitue en fait une filiale de la International Cement Corporation, de New-York; son capital est de 5 000 000 de dollars, et son actif est estimé 6 000 000 de dollars. La société exploite ses propres carrières à Minas, et l'argile se trouve sur place, aux abords de l'usine; le gypse doit, par contre, être importé d'Allemagne. Le personnel ouvrier employé à l'usine et aux carrières est de 500 hommes.

Les importations de ciment constituent un commerce avantageux pour l'Angleterre; en 1928, il a été importé plus de 50 000 tonnes de ciment, fourniture que se sont partagés pour la plus grande partie, dans une proportion presqu'égale, l'Angleterre et les Etats-Unis. L'année dernière a été des plus favorables aux importateurs de ciment anglais, car on a admis en franchise 86 027 sacs de 50 kilogs destinés à la construction du nouveau stade; il est probable qu'il faudra encore de 20 000 à 30 000 sacs pour achever cet édifice.

Au sujet des annonces.

Le texte de l'annonce doit parvenir à cet office au plus tard le 25 du mois précédent celui de la parution. Dans le cas où un nouveau texte ne serait pas parvenu à cette date, les éditeurs se réservent le droit de reproduire le texte précédent.

Dans le cas d'annonces devant être imprimées en plus d'une seule langue, on doit fournir soi-même les traductions. Si on le désire, les éditeurs se chargent de ce travail de traduction, mais il est entendu qu'ils ne pourraient assumer aucune responsabilité en ce qui concerne l'exactitude de la traduction.

L'industrie du ciment en Pologne.

LA capacité de production des dix-sept cimenteries du territoire polonais se monte maintenant à 2 500 000 tonnes, alors qu'elle n'était que de 1 300 000 tonnes en 1913. Ces trois dernières années, la production de ciment a été en Pologne la suivante : en 1927, 808 000 tonnes ; en 1928, 1 070 000 tonnes ; en 1929, 1 300 000 tonnes. On voit ainsi que les usines travaillent approximativement à la moitié de leur capacité de production.

Ces mêmes trois dernières années, la quantité de ciment consommée par le marché intérieur s'est élevée à 630 000 tonnes en 1927, 998 000 tonnes en 1928, et 890 000 tonnes en 1929. La consommation moyenne par tête d'habitant se monte à 33 kilogs, et si elle augmentait jusqu'au chiffre atteint en Allemagne, le marché polonais arriverait à consommer jusqu'à trois millions de tonnes par an, soit trois fois sa consommation actuelle.

Malgré son éloignement des ports (la distance moyenne est de 600 Km), l'industrie polonaise ne perd pas le marché extérieur de vue. Pendant les trois années qui ont immédiatement suivi la guerre, l'exportation de ciment était insignifiante ; depuis 1927, par contre, l'industrie polonaise du ciment a exporté chaque année environ 120 000 tonnes, principalement en Amérique du Sud, vers les pays baltiques, et le Proche-Orient. L'Association polonaise des fabriques de ciment Portland poursuit une active propagande ayant pour objet d'augmenter la consommation intérieure, dont l'une des manifestations est l'édition de maisons modèles entièrement en béton, destinées à faire apprécier en Pologne la construction systématique des maisons en grandes séries ; l'Association fait, en outre, une propagande énergique en faveur des routes bétonnées. Pour ce dernier objet, les fabriques de ciment polonaises ont fondé un organisme subsidiaire, la "S.A. des Routes en Béton," qui prépare, en collaboration avec le ministère polonais des travaux publics, un projet de réseau routier en béton, couvrant l'ensemble du territoire polonais. L'an dernier, on a inauguré un laboratoire d'expérimentation chargé des essais pratiques ayant pour but d'arrêter les méthodes qui conviennent le mieux au climat polonais, et les conditions générales de l'emploi du béton ; un certain nombre de routes ont été construites à titre expérimental près de Varsovie, de Lwow, et en Silésie.

L'industrie polonaise du ciment est organisée en cartel ; ce dernier englobe toutes les cimenteries existantes, et est enregistré sous la désignation de "S.A. Centro cement." D'autre part, les usines sont associées en groupements, dont la direction est chargée de l'achat en commun des matières premières, et de la répartition de la production entre les usines affiliées.

Conversion des mesures dans les traductions.

DANS tous les articles traduits, les unités de poids, de longueur, etc., sont approximativement traduites en unités anglaises ou métriques.

Étude comparative de l'industrie du ciment Portland aux Etats-Unis, au Canada, et en Angleterre.—III.

Par HAL GUTTERIDGE.

Matières premières.

Etats-Unis.—La pierre calcaire est le matériau calcaire dont l'emploi est le plus répandu aux Etats-Unis pour la production du ciment Portland. Géologiquement, on rencontre des pierres calcaires dans tous les terrains, depuis le système précambrien jusqu'au système caénozoïque, ou tertiaire, inclusivement ; géographiquement, on en trouve dans tous les Etats. La plupart du temps, les pierres à chaux affleurent à la surface du sol, ou s'en trouvent très près, mais dans certains cas, comme par exemple à l'ouest de l'Etat de Pensylvanie, elles sont recouvertes par d'autres matières, dont l'épaisseur est telle que l'on est amené à opérer comme pour l'exploitation d'une mine. Au point de vue physique, la catégorie des pierres calcaires s'étend du marbre dur à la marne, en passant par les pierres argilo-calcaires connues sous le nom de "roches à ciment," et par les diverses variétés de la craie. Lorsqu'il s'agit de craie ou de marne, il est d'usage de spécifier expressément, et de n'appliquer le terme de pierre calcaire, qu'aux roches qui demandent à être concassées. Au point de vue chimique, les diverses variétés de pierres calcaires englobent d'une part la pierre calcaire la plus pure, comportant jusqu'à près de 98% de carbonate de calcium, et de l'autre les pierres argilo-calcaires à faible teneur en carbonate de calcium ; cette dernière catégorie comprend la roche à ciment, qui contient environ 50 à 85% de carbonate de calcium.

La diversité géologique des pierres calcaires dures, d'une certaine pureté, est telle, et leur répartition géographique est si étendue, qu'il est impossible d'en faire la récapitulation dans cet article, et la même remarque s'applique aux propriétés physiques et chimiques qui les caractérisent. Les pierres argilo-calcaires ne se présentent pas, par contre, avec la même abondance, et celles que l'on emploie sont extraites dans le district de Lehigh, en Pensylvanie ; le même banc se retrouve dans l'Etat de New-Jersey, et dans ceux de Colorado, d'Indiana, et d'Utah.

En Arkansas, au Nebraska, et au Texas, on utilise diverses variétés de craie, parmi lesquelles les unes contiennent une proportion élevée de carbonate de calcium, et d'autres des matières argileuses en proportions variables ; le Texas, en particulier, offre un choix abondant en craies argileuses, dont l'état physique peut prendre toutes les formes intermédiaires entre la terre molle et le solide indéformable, et qui contiennent environ 75% de carbonate de calcium. Les marnes que l'on emploie aux Etats-Unis se trouvent dans l'Indiana, le Michigan, et l'Utah, alors qu'en Virginie et au Texas, on se sert de muschelkalk pur ou incorporé à la marne. Comme matières premières artificielles, on se sert de laitier de haut fourneau refroidi à l'air dans l'Etat de New-York, et sous forme granulée dans le Michigan, l'Indiana, et le Minnesota. On trouvera des renseignements détaillés sur les matières premières utilisées aux Etats-Unis, et sur leur répartition géographique, dans le "Rock Products Directory" (Répertoire des produits tirés des roches), édition 1929-1930.

La pierre argilo-calcaire, ou "roche à ciment," se rencontre principalement dans le district de Lehigh, en Pensylvanie, et dans le comté de Warren, du New-Jersey ; elle se présente sous forme d'une bande étroite d'environ 80 Km

de longueur et de 6,4 Km de largeur au maximum, qui part de Reading (Pennsylvanie) pour aboutir à Stewartsville (New-Jersey). Géologiquement, la roche à ciment est de la pierre calcaire de l'étage ordovicien du système silurien inférieur, et l'épaisseur de la couche varie de 45 à 75 m, et plus. Les couches supérieures, dans la partie voisine des schistes de l'Hudson qui les recouvrent, contiennent environ 50 à 60% de carbonate de calcium, et 40 à 50% de silice, d'alumine, de fer, etc. En général, dans cette formation, la proportion de chaux augmente avec la profondeur et celle des matières argileuses diminue; à la limite inférieure, on arrive à 80 ou 85% de carbonate de calcium, et c'est de ces couches que l'on extrait quelquefois la pierre calcaire riche en chaux dont on a besoin pour corriger la composition de la roche à ciment, qui présente de grandes différences suivant la carrière d'origine, et même des différences sensibles dans une carrière donnée.

L'aspect et le caractère physique de la roche à ciment changent avec sa composition chimique; à mesure que la proportion de chaux augmente, elle perd progressivement la facilité de se cliver comme l'ardoise, ainsi que sa couleur noirâtre, et, à la base de la formation, on se trouve souvent en présence d'une pierre calcaire de couleur gris foncé bien nette. La roche à ciment est beaucoup plus tendre que la pierre calcaire généralement employée conjointement avec l'argile; il s'ensuit qu'elle est plus aisée à concasser et à broyer. La pierre calcaire de Kittatinny, qui se trouve sous la roche à ciment, a une teneur en magnésie trop élevée pour pouvoir être employée à la fabrication du ciment, exception faite de quelques couches dont la teneur en magnésie est plus faible. La roche à ciment est riche en magnésie dans toute son épaisseur; à l'analyse, on trouve rarement moins de 4% de carbonate de magnésie, et il arrive qu'on en trouve jusqu'à 6%. Etant donnée la proportion variable de chaux que contient la pierre calcaire, l'obtention d'un mélange correct demande des soins particuliers; on lui ajoute, soit de la pierre calcaire pure, soit des matières argileuses, mais, dans d'autres cas, on combinera la roche à ciment riche en chaux d'une partie de la carrière avec des roches pauvres en chaux d'une autre partie de la même carrière, pour arriver au résultat voulu. La roche à ciment peut avoir toutes les compositions possibles, en partant de celle de la pierre calcaire bien pure, et arriver à contenir des matières argileuses en quantité telle, qu'il faut lui ajouter de la pierre calcaire pure pour obtenir le mélange qui convient à la fabrication du ciment Portland.

Canada.—Comme matières premières principales, on n'utilise au Canada que des pierres calcaires dures et des roches à ciment. Géologiquement, les pierres calcaires (à l'exclusion des roches à ciment) proviennent des terrains suivants: en Colombie britannique, du jurassique inférieur et du triasique supérieur; dans l'Alberta, de la période carbonifère; au Manitoba, du système dévonien; dans l'Ontario, de l'étage ordovicien inférieur ou dévonien moyen. Dans les provinces d'Ontario et de Québec, on utilise des roches à ciment de l'étage ordovicien. Pour corriger les pierres calcaires de l'Alberta, on se sert de schiste, et pour les pierres calcaires des autres provinces, on ajoute de l'argile. Lorsque la roche à ciment comporte des inclusions de schiste intercalées, il est généralement nécessaire d'employer de l'argile en faible proportion.

Il est intéressant d'établir un parallèle entre la roche à ciment de la vallée de Lehigh, et celle des provinces de Québec et d'Ontario; géologiquement, la première ressort de l'étage silurien inférieur, et la deuxième de l'étage ordovicien. La roche à ciment canadienne se présente en couches minces, séparées par des couches de schiste, et, à ce point de vue, elle se rapproche des terrains liasiques que l'on rencontre en Angleterre. Les pierres calcaires utilisées sont distribuées dans tout le territoire du Canada; la roche à ciment, par

contre, n'est utilisée que dans les provinces de l'Est. Le Department of Mines, à Ottawa, fournit sur demande des renseignements détaillés sur les matières premières que l'on trouve au Canada.

Angleterre.—Les matières premières employées en Angleterre sont la craie, la pierre calcaire (y compris la pierre calcaire liasique), la marne, le schiste et l'argile; on n'y fait usage d'aucune roche physiquement comparable à la "roche à ciment." Au point de vue chimique, la formation liasique et les marnes fournissent à la fois les matières calcaires et argileuses, mais diffèrent des roches à ciment du fait qu'elles sont tendres. On ne fait que peu usage en Angleterre de matières artificielles, laitier de haut fourneau, résidus de la fabrication des alcalis; des essais expérimentaux sont cependant faits en ce sens de temps à autre.

La craie se présente en gisement larges et étendus, à l'est, au sud, et au sud-est de l'Angleterre; il existe un banc ininterrompu de craie qui part du comté de Norfolk, s'étend en direction sud-ouest vers le comté de Dorset, et continue dans la direction de l'est jusqu'au Pas-de-Calais. Un grand nombre de cimenteries, et des plus importantes, sont situées sur les rives de la Tamise et de la Medway; ces cimenteries se servent de craie comme matière première calcaire; dans la même région, en beaucoup d'endroits, on trouve des marnes, particulièrement au bord de la rivière Medway, dans le comté de Cambridge, et à l'ouest de l'Angleterre.

Dans l'oligocène et l'éocène, il existe un banc de pierre calcaire qui suit une direction sud-ouest, depuis le nord du comté d'Essex jusqu'au comté de Berks; la pierre calcaire ordovicienne se trouve généralement au Pays de Galles, au nord de l'Angleterre, au sud de l'Ecosse, et en Irlande; la pierre calcaire silurienne se trouve au nord du Pays de Galles, au sud de l'Ecosse, et au nord-est de l'Irlande; la pierre calcaire carbonifère couvre la totalité du centre de l'Irlande, et on en trouve au nord de l'Angleterre et au sud de l'Ecosse.

La formation liasique de la période jurassique se présente en une bande étroite ayant également la direction sud-ouest, en partant du nord-ouest du comté de Lincoln pour aboutir au comté de Dorset; elle se rencontre également sur un territoire restreint de l'arrondissement nord du Yorkshire, et au sud du comté de Glamorgan, dans le Pays de Galles. On trouve également dans l'est de l'Angleterre une pierre appelée sur place "mudstone" ou pierre à boue, qui se ramollit à l'eau et se délite pour donner une matière argileuse contenant des granules de pierre calcaire; sa composition est analogue à celle du schiste du lias, mais elle contient souvent une quantité plus grande de carbonate de calcium.

La craie, blanche ou grise, est d'une régularité suffisante pour la rendre très facile à travailler avec une faible addition d'eau. La craie blanche contient généralement de 20 à 25% d'eau, quantité suffisante pour pouvoir la transformer en pâte en la triturant; avec une faible quantité d'eau en plus, on peut par suite la réduire en boue.

Le terme "marne" est généralement appliqué à une matière constituée par le mélange naturel de substances calcaires et argileuses. Dans le comté de Cambridge, on trouve la marne sous la craie locale, et sa composition varie généralement entre 72 et 77% de carbonate de calcium, 14 et 18% de silice, 5 et 7% d'oxyde de fer et d'alumine, 0,4 et 1% de magnésie.

La composition chimique de l'argile varie énormément; celle de la rivière Medway contient de 55 à 63% de silice, 7 à 23% d'oxyde de fer et alumine, 0 à 2% de chaux (CaO), et 0,2 à 2,5% de magnésie; cette argile, et celle de la Tamise, sont des vases alluvionnaires. L'argile dite "Gault" contient

généralement moins de silice et beaucoup plus de chaux que les argiles de la rivière Medway, la proportion de magnésie étant approximativement la même.

Parallèle géologique.—D'une façon générale, la plupart des périodes géologiques sont représentées dans les trois pays considérés, mais, dans chacun d'eux, ou même dans deux d'entr'eux, il existe un certain nombre de matières premières susceptibles d'être employées à la fabrication du ciment Portland, dont il n'est pas fait usage dans les autres. La plus importante de ces matières est la pierre calcaire de Trenton, de l'étage ordovicien (roche à ciment) dont il est fait un emploi intensif aux Etats-Unis et au Canada, mais non en Angleterre. La formation liasique de la période jurassique est utilisée en Angleterre, mais, semble-t-il, ni aux Etats-Unis, ni au Canada : dans ce dernier pays, il y a cependant dans l'île Vancouver une formation qu'on croit appartenir à l'étage jurassique inférieur, mais qui a des caractéristiques physiques différentes de la formation liasique que l'on trouve en Angleterre.

Parallèle physique.—D'une façon générale, la majorité des matières calcaires utilisées aux Etats-Unis, en y comprenant la pierre argilo-calcaire dite roche à ciment, sont des matières dures qu'il faut concasser et broyer pour les préparer en vue de leur cuisson dans le four ; au Canada, la totalité des matières premières calcaires sont dures, et tombent par suite dans la même catégorie. En Angleterre, par contre, la plupart des matières employées sont tendres, et peuvent être réduites en boue par leur seul passage au broyeur humide.

Quoiqu'étant bien plus tendre que la plupart des pierres calcaires, la roche à ciment des Etats-Unis et du Canada demande à être concassée et broyée, mais l'énergie consommée pour cette préparation est inférieure, et de beaucoup, à celle qu'il faut pour les pierres calcaires plus dures. De plus, à la carrière, l'extraction des matières dures employées aux Etats-Unis et au Canada doit être précédée d'un travail à la perforatrice, avec abattage à la poudre, pour que les matières puissent être enlevées à l'aide d'appareils de manutention ; en Angleterre, d'autre part, la chaux tendre et les marnes peuvent, dans la presque totalité des cas, être enlevées par des appareils actionnés mécaniquement, qui opèrent directement sur le front d'attaque. Il existe en Angleterre quelques exemples de carrières exploitées à ciel ouvert, d'une très grande profondeur, pour lesquelles il est plus économique d'abattre tout un parement à la poudre ; comme les matières n'ont naturellement qu'une faible cohésion entre elles, on obtient un éboulis considérable avec une faible dépense d'énergie.

Pour le transport des matières de la carrière à la cimenterie, les matières tendres se prêtent par elles-mêmes plus aisément que les matières dures à la solution économique, qui consiste à acheminer les matières dans des conduites à l'état de boue, au lieu de les transporter par wagons à partir de la carrière. Cette méthode s'applique spécialement quand la carrière est à une certaine distance de l'usine, et qu'il y a inconvénient à utiliser pour les matières des moyens de transport de surface.

La même méthode est également applicable aux matières dures, mais cette solution n'est généralement pas aussi économique que pour les matières tendres, en raison de la nécessité d'installer à la carrière des équipements de concassage, de broyage et de pompage, au lieu des seuls broyeurs humides avec pompes qui suffisaient dans l'autre cas ; la méthode ne peut s'appliquer s'il s'agit d'alimenter une usine fonctionnant suivant le procédé sec, car on serait conduit à une grande dépense de chaleur à l'usine pour sécher les matières, ce qui rendrait la méthode trop onéreuse, comparée à l'autre.

Parallèle chimique.—Dans chacun des trois pays, les matières premières se présentent sous de nombreuses variétés, depuis la pierre calcaire pure jusqu'aux matières argileuses ; la composition chimique de ces matières est donc variable, dans des proportions illimitées.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
DIE INTERNATIONALE ZEMENTZEITSCHRIFT IN VIER SPRACHEN.

DEUTSCHER TEIL

VERLEGT BEI CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Erscheint am 20 jeden Monats. Preis 2 Schilling das Heft. Postfreier Jahresbezug 24 Schilling.

Freier Kalk im Zement.

Die „Building Research Station“ hat ein Verfahren* zur Bestimmung von freiem Kalkhydrat in abgebundenem Zement veröffentlicht. Obwohl diese Entdeckung schon hinreichende Bedeutung besitzt, ist sie wahrscheinlich nur der Anfang einer Untersuchung, welche zu Wegen führen kann, das Mass der Hydratation der Zementkomponenten und den Grad, bis zu welchem Zement hydratisiert ist, zu schätzen. Dieses würde für diejenigen von grossem Wert sein, welche Zementklamationen zu bearbeiten haben, und die oft vergebliche Versuche machen, um zu entdecken, warum gewisse Betone nicht erhärteten. Das Verfahren besteht in der Erhitzung von zwei abgebundenen Zementproben auf 350 bzw. 550° C. und der darauffolgenden Bestimmung der von jedem Muster entwickelten Wärme beim Anmachen mit Wasser. Der Unterschied der beiden Resultate ist ein Maßstab für den in den Ursprungsmustern vorhandenen hydrierten Kalk. Die Grundlage des Verfahrens beruht auf der Tatsache, dass auf 350° C. erhitzter abgebundener Zement alles Wasser abspaltet mit Ausnahme des zu Kalkhydrat gebundenen, welch letztere Verbindung völlig zwischen 350 und 550° C. dehydratiert wird. Bei erneuter Hydratation in einem Kalorimeter entwickelt die auf 550° C. erhitzte Probe Wärme infolge der Verbindung von Kalziumoxyd und Wasser, wozu die Hydratation einiger Zementbestandteile kommt. Da aber diese letztere Wärme gemessen werden kann durch erneute Hydratation der auf 350° C. erhitzten Probe kann der Nettowärmewert, der auf dem freien Kalk beruht, durch Subtraktion gemessen werden. Da die bei der Kombination von Kalk und Wasser entwickelte Wärme wohl bekannt ist, ist es leicht den Prozentgehalt an freiem Kalk zu berechnen. Die Technik des Verfahrens wird in der Broschüre deutlich beschrieben einschliesslich einiger kleiner notwendiger Korrektionsfaktoren. Man wird wohl mit Recht fragen, warum der Glühverlust abgebundenen Portlandzements zwischen 350 und 550° C. als solcher kein ausreichendes Zeichen für den Anteil an gegenwärtigem Kalkhydrat ist. Die Broschüre stellt fest, dass die Grösse des Glühverlusts dem Kalkhydratgehalt entspricht, doch wird keine

* Building Research Technical Paper Nr. 9, Verlegt durch H.M. Stationery Office, London, Preis 50 Pfennige.

Erklärung für die offensichtliche Notwendigkeit gegeben, die empfindliche Wärmeentwicklungsbestimmung anzuwenden und den Glühverlust zu ignorieren. Bei Ueberlegung wird man sich darüber klar sein, dass das Prinzip aus einer Kurve, die sich auf Glühverlust und Temperatur von abgebundenem Zement bezieht, Ableitungen vorzunehmen, auf Temperaturen unter 350° C. und über 550° C. ausgedehnt werden kann, und so kann das Verhältnis der wichtigeren Zementbestandteile, die hydratisiert wurden, bestimmt werden.

Eine verlässliche Methode zur Bestimmung des freien Kalks in nicht abgebundenem Zement ist lange Jahre gesucht worden, um eine bestimmte chemische Prüfung auf Raumbeständigkeit zu schaffen, durch die die Heisswasserprüfungen mit ihrer empirischen Grundlage ersetzt oder ergänzt werden sollten. Die Bearbeiter von der „American Portland Cement Association“ haben Einzelheiten eines Verfahrens veröffentlicht, für welches sie selbst keine absolute Genauigkeit reklamieren, da bei einem Gehalt von 2% freiem Kalk ein Fehler von plus oder minus 0,3% vorkommen kann. Das Verfahren besteht darin, den freien Kalk des Zements in einer heißen Lösung von Glyzerin-Alkohol zu lösen und die Lösung mit alkoholischer Normallösung von Ammonacetat zu titrieren. Die für die Bestimmung erforderliche Zeit schwankt zwischen drei und acht Stunden, und aus diesem Grunde ist es nicht wahrscheinlich, dass sie sich auf Zementfabriken einbürgern wird. Allgemein gesprochen ist das Verfahren nur auf ungemahlenen Klinker anwendbar, weil fast alle Handelszemente etwas freien Kalk enthalten, der sich durch partielle Hydratation des Zements infolge der Wasserabsorption durch Gips oder sonstwie gebildet hat. Es ist nach dem beschriebenen Verfahren aber unmöglich, zwischen diesem hydrierten Kalk und dem infolge schlechter Fabrikation ungebundenen Kalk zu unterscheiden. Danach scheint es also, als ob der Weg zur Messung der Raumbeständigkeit von Zement noch gefunden werden muss.

* Portland Cement Association Fellowship Veröffentlichung Nr. 23, U.S. Bureau of Standards, Washington, Vereinigte Staaten von Amerika.

Die Zementeinfuhr nach Brasilien.

Die folgenden Zahlen stellen die amtlichen Werte der Zementeinfuhr nach Brasilien während der Jahre 1928 und 1929 dar. Die Einfuhrziffern der verschiedenen Länder sind in t und in Prozent des Gesamt angegeben.

1928.—Deutschland, 103.961 t (22,79%); Belgien, 85.010 t (18,63%); Dänemark, 101.725 t (22,30%); Vereinigte Staaten, 3.999 t (0,87%); Frankreich, 10.302 t (2,26%); England, 60.837 t (13,33%); Holland, 2.656 t; Italien, 6.365 t (1,4%); Norwegen 5.706 t (1,2%); Kanada, 850 t; Schweiz, 52.237 t (11,45%); Uruguay, 462 t; Polen, 22.025 t (4,83%); sonstige Länder, 71 t. Gesamt, 456.212 t.

1929.—Deutschland, 121.575 t (22,71%); Belgien, 125.024 t (23,35%); Dänemark, 111.860 t (20,89%); Vereinigte Staaten, 3.897 (0,73%); Frankreich, 12.866 t (2,40%); England, 64.927 t (12,13%); Holland, 2.285 t; Italien, 11.592 t (2,16%); Norwegen, 11.761 t (2,19%); Kanada, 850 t; Schweiz, 56.725 t (10,59%); Uruguay, 343 t; Polen, 11.534 t (2,15%). Gesamt, 535.276 t.

Schachtofen oder Drehofen?

von Rudolf Zollinger (Hannover).

Es ist schon viel darüber geschrieben worden, welchem System der Vorang gebührt. Leider haben jedoch gerade diejenigen Kreise, die am berufensten sind darüber zu urteilen, die Zementfabrikanten, ziemlich mit ihrer Meinung zurückgehalten und den Kampf die Maschinenfabrikanten ausfechten lassen. Es soll hiermit festgestellt werden, dass es eine absolute Ueberlegenheit des einen Systems über das andere nicht gibt, sondern jedes System besitzt unter gewissen Voraussetzungen seine Vorteile. Wer sich in der Praxis mit beiden Systemen beschäftigt hat, begreift diesen Kampf nicht, der leider schon viel Verwirrung angerichtet hat. Wenn man die Literatur durchliest, so kann man über beide Systeme Verdammungsurteile oder höchstes Lob hören, je nachdem der Schreiber Drehofen-oder Schachtofenbauer ist. Im Folgenden soll einmal versucht werden, beiden Systemen gerecht zu werden, wobei bemerkt werden muss, dass der Verfasser mit beiden Systemen praktisch gearbeitet hat und durch keinerlei Rücksichtnahme beschwert ist.

Wenn die örtlichen Verhältnisse ergeben, dass beide Systeme möglich sind, so wird sich der verantwortliche Experte für den Schachtofen entscheiden, wenn es sich um Produktionen unter 100 t Tagesleistung handelt, eine Leistung, für welche der Schachtofen immer der rentablere bleiben wird. Steigt die Produktion, so verschiebt sich das Bild langsam aber sicher, der Art, dass bei mittleren Produktionen beide Systeme zunächst gleich rentabel arbeiten können, bei höheren und höchsten Produktionen dagegen der Drehofen unbedingt sich rentabler gestalten wird. Diese wirtschaftliche Überlegenheit grösster Betriebe, wird auch vom Schachtofenfachmann kaum geleugnet. Wo von Fall zu Fall die Grenze liegt, ist Kalkulationssache und hängt von den verschiedensten Faktoren ab. Durch sorgfältige Kohlenauswahl, aufmerksamste Ofenführung, ferner durch weitgehendste Abbitzeverwertung, sei es als Kraftquelle, oder lediglich zum Trocknen lässt sich die Rentabilität des Drehofens natürlich mehr oder weniger verschieben. Zur Zeit ist, das muss unbedingt zugegeben werden, der Rotierofen im Brennstoffverbrauch noch zu hoch und hierin liegt seine grösste Schwäche. Näher hierauf einzugehen, erübrigt sich, denn jeder Fachmann weiss, dass gerade die neueste Zeit durch den Lepolofen neue Gesichtspunkte in die Drehofenentwicklung hineingebracht hat, die zu den schönen Hoffnungen berechtigen. Zweifellos ist der Lepolofen noch nicht das Ideal, sondern er muss lediglich als Bahnbrecher gewertet werden. Die Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen, wir wollen vorläufig lediglich mit dem positiv Vorhandenen rechnen. Aber auch, wenn der Drehofen sich in der genannten Richtung weiterentwickelt, wird er in Fällen kleinsten Produktion immer unterlegen bleiben, mag sich auch die Grenze, wo sich beide Systeme in ihrer Rentabilität nähern, etwas zu Gunsten des Drehofens verschieben.

Was die Güte des gebrannten Erzeugnisses angeht, so ist zu sagen, dass bis vor kurzem der Schachtofenklinker dem Drehofenklinker weit unterlegen war, da der Schachtofen immer mehr oder weniger grosse Mengen Schwachbrand liefert. Die Entwicklung des Schachtofens zum Hochleistungsofen hat hier vieles gebessert, aber bis heute ist es zweifelhaft, ob es möglich ist, ein dem Drehofen völlig gleichwertiges Erzeugnis im Schachtofen zu brennen. Ein im Drehofen nach dem Diekschlammverfahren hergestellter Klinker ist vorläufig noch durch keinen Schachtofenklinker zu schlagen, sei er auch noch so gut gebrannt. Ob hier mit der Zeit eine noch weitere

Angleichnung möglich ist, ist schwer zu sagen, ich möchte es bezweifeln. Hiermit soll aber keineswegs gesagt werden, dass der Schachtofenklinker nichts wert ist. Im Gegenteil, es ist sehr wohl möglich, im Schachtofen guten Zement zu brennen, wenn auch nicht in der gleichen Güte, wie im Drehofen. Die Ursache liegt eben im System. Im Schachtofen ist man immer mehr oder weniger zum Blindbrennen verurteilt. Man sieht seine Arbeit erst nach Stunden, wenn es zu spät ist. Und hierin liegt der ungeheure Vorteil des Rotierofens, dass man das zu brennende Produkt dauernd vor Augen hat und durch Aenderung der Kohlmenge, der Ofengeschwindigkeit, der Luft- und Flammenführung jederzeit in der Lage ist, das Material, individuell zu brennen, was vor allem von ungeheurer Bedeutung ist, wo es sich darum handelt Rohmaterialien zu brennen, die in ihrer Zusammensetzung stark schwanken. Liegen gleichmässige Rohmaterialien vor, so ist dieser Umstand bedeutungsloser, immerhin bedeutet er einen Hauptvorzug des Rotierofens. Aus diesem Grunde ist auch jeder direkt an den Ofen angeschlossener Kühler zu verwerfen, sofern er direkt in der Verlängerung des Ofens liegt, denn die nicht zu vermeidende Staubentwicklung und die weitere Entfernung des Brenners vom Brenngut nehmen die Sicht auf dieses und heben den grossen Vorteil des individuellen Brennes zum Teil wieder auf.

Weiterhin ist der Rotierofen dort von Bedeutung, wo Sinterungs- und Schmelztemperatur ziemlich nahe beieinander liegen. Derartige Mischungen kann man im Drehofen noch gut brennen, während sie im Schachtofen Schwierigkeiten machen und diesen oft in kürzester Zeit stillsetzen können. Liegt in der Individualität des Drehofenbrennens ein grosser Vorteil, so bedeutet dieses jedoch auch einen Nachteil durch die Gefahr, dass der Ofen in der Hand des unrichtigen Brenners den grössten Aerger verursachen kann. Schlammlinge und Brandinge sind die Folgen allzuvieler Regulierung und vor allem unsachgemässer Regulierung. Der Drehofenbrenner muss mehr mit dem Kopf arbeiten als sein Kollege vom Schachtofen, der ein bedeutend leichteres Spiel hat, vorausgesetzt, dass er eine Masse zum Brennen hat, die sich für seinen Ofen eignet. Im anderen Falle muss auch er ein Künstler sein, wenn er etwas Brauchbares herausholen will.

Dass man in allen Fällen, in denen Rohöl oder Gas billig zur Verfügung stehen, den Rotierofen wählen muss, bedarf wohl kaum einer Erörterung, ebenso wie man bei hohen Kohlenpreisen kaum den Rotierofen mit seinem hohen Kohlenverbrauch wählen wird, wenn nicht ganz besondere Gründe mitsprechen.

Es ergibt sich also, dass die Frage Rotierofen oder Schachtofen vom grünen Tisch aus nicht zu lösen ist und die Firma wird am besten fahren, die sich an Hand der Verhältnisse von allen Punkten Rechenschaft gibt, die eventuell in Frage kommen, und die auf Grund dieser Studien, die gar nicht gründlich genug sein können, ihre Entscheidung selber trifft. Es gibt sowohl Rotieröfen, wie auch Schachtofen, die an der falschen Stelle laufen und Grund gegeben haben zu manchem Aerger, der hätte vermieden werden können.

Ausser den genannten chemischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten können aber auch rein äussere Notwendigkeiten zum Bau des einen oder andern Systems zwingen; Z. B. würde Wassermangel einen Rotierofen unbedingt ausschliessen, wenigstens als Ofen zum Brennen nach dem Dickschlammverfahren, für welches er doch vor allem gedacht ist. Ein anderer Faktor kann die Transportfrage werden, und es muss daran erinnert werden, dass eine Anlage zur Herstellung von täglich 70-80 t Zement mit einem Drehofen etwa 1000 t, mit Stücken bis zu 30 t Einzelgewicht Transportleistung darstellt. Diese dürften sehr schwierige und teure Transportkosten ergeben, wenn es sich um Länder ohne neuzeitliche Verkehrsverhältnisse handelt. Es ist klar, dass man bei

schwierigen Transportverhältnissen in diesem Falle Wert darauf legen wird, kleine Aggregate zu wählen. Es wird sich hier also empfehlen, einen Schachtofen zur Aufstellung zu bringen, um den Transport der unhandlichen Drehofenschüsse usw. zu vermeiden. Andererseits wird man in den reinen Tropen kaum einen Schachtofen aufstellen, wenn es sich eben vermeiden lässt, denn die ungeheuren Regengüsse der Regenzeit machen eine unverhältnismässig grosse Trocknung nötig. Eine derartige in der trockenen Zahrisezeit schlecht auszunützende Anlage würde sich kaum empfehlen, genau so wie man nichts daran bessern würde, wenn man Umgehungsmaschinerien vorsehen würde, die die Trocknerei in der trockenen Jahreszeit ausschalten, im Gegenteil würde ein derartige Vorrichtung den Betrieb nur noch weiter verteuern. Hier wird man eben zum Dickschlammverfahren greifen müssen.

Als Schlussfolgerung kann nunmehr nochmals kurz gesagt werden: Beide Systeme haben ihr Gutes und sind jedes an seinem Platze unentbehrlich. Sache des gewissenhaften Fachmanns ist es von Fall zu Fall, die Entscheidung zu treffen welches Verfahren zu wählen ist.

Die Spanische Zementindustrie.

Die „Comisión Asesora,” die als Inspektions- und Regulierausschuss in Spanien die Beziehungen zwischen der amtlichen Organisation und der Zementindustrie kontrolliert, hat soeben einen Bericht veröffentlicht, der als erste offizielle spanische Publikation ausführliche statistische Angaben über die Zementindustrie enthält.

Der amtliche Teil behandelt die Verordnungen beim Einsetzen der „Comisión Asesora,” und deren Tätigkeit wird beschrieben. In folgenden Teile werden die spanischen Zementnormen veröffentlicht und diese mit denen anderer Länder verglichen. Produktionsziffern von jeder der spanischen Fabriken in den Jahren 1920-1928 und der Verbrauch während des gleichen Zeitraums, nach Provinzen getrennt, werden mitgeteilt.

Eine Reihe graphischer Aufzeichnungen erläutert die Produktion an Portlandzement in den verschiedenen Ländern der Welt. Das Buch enthält auch einen Bericht über die Verkäufe der verschiedenen spanischen Fabriken in den einzelnen Provinzen für das Jahr 1929, weiter Angaben über die Einfuhr und Informationen über die beabsichtigte Vergrösserung bestehender Werke, über die Errichtung neuer, über die Erzeugung und Kapazität der spanischen Fabriken, und es enthält den Text der offiziellen, im vergangenen Februar erlassenen und jetzt in Spanien gültigen Vorschriften.

Die interessante Veröffentlichung schliesst mit einer Serie vorzüglicher Aufnahmen von verschiedenen Zementfabriken und von wichtigen in Spanien mit spanischem Zement errichteten Bauten.

Umwandlung der Masse bei den Uebersetzungen.

Bei allen übersetzten Artikeln sind die Gewichts- und Masseinheiten angenähert in englische oder metrische Einheiten umgewandelt.

Die Zementindustrie Uruguays.

Ein „Economic Conditions in Uruguay“ (Verlag: H.M. Stationery Office, London, Preis 1½ Schilling) betitelter Bericht des königlichen Vizekonsuls zu Montevideo Keith Jopson enthält folgende Mitteilungen:

Ein vom Wirtschaftsminister für die Errichtung einer staatlichen Portlandzementfabrik vorgelegtes Gesetz wurde durch den Präsidenten zurückgewiesen, der seine Abneigung gegen jede Massnahme zum Ausdruck brachte, die zu einem Staatsmonopol führen kann, und der dafür eintrat, dass es ein besseres Mittel sei, den Zoll auf eingeführten Zement zu ermässigen, wenn Klagen vorlägen über den Preis des im Lande von der Compania Uruguaya de Cemento Portland hergestellten Zements. Als Resultat wurde das Gesetz zurückgezogen, und es wurde daraufhin vorgeschlagen, dass bis zur Errichtung eines mit der bestehenden Fabrik konkurrierenden Werks der auf eingeführten Portlandzement zu entrichtende Zoll von 34 Cent aufgehoben werden soll und nur die Hafenabgaben bezahlt werden sollen.

Die Compania Uruguaya de Cemento ist eine moderne Portlandzementfabrik, die mit vier Drehöfen ausgerüstet ist und eine jährliche Produktion von 288.000 t besitzt, was etwas weniger als 28% über den Jahresverbrauch des Landes ist. Die Gesellschaft ist unter Uruguayer Gesetz gebildet aber eine Tochtergesellschaft der International Cement Corporation in Newyork. Ihr Kapital beträgt 5 Millionen Dollar, und deren Wert wird auf 6 Millionen Dollar geschätzt. Die Gesellschaft besitzt eigene Steinbrüche in Minas und erhält ihren Ton vom Werksgelände. Sie muss indessen Gips aus Deutschland einführen. Es werden insgesamt 500 Arbeiter auf dem Werke und in dem Steinbruch beschäftigt.

Die Einfuhr von Zement ist ein wertvolles Absatzgebiet Gross-Britanniens. Mehr als 50.000 metrische t wurden 1928 eingeführt, von denen der Hauptteil sich gleichmässig auf Gross-Britannien und die Vereinigten Staaten verteilte. Das vergangene Jahr ist für die Importeure von englischem Zement ein sehr günstiges gewesen, da nicht weniger als 86.027 Säcke zu je 50 kg zollfrei für den Bau des neuen Stadions zugelassen wurden. Es ist wahrscheinlich, dass weitere 20.000-30.000 Sack erforderlich sind, um das Werk zu vollenden.

„Zementchemie in Theorie und Praxis.“

Wir veröffentlichen in den englischen, französischen und spanischen Teilen dieser und einiger der nächsten Hefte von CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE die Vorlesungen von Dr. Kühl in Serienform über „Zementchemie in Theorie und Praxis.“ Diese Abhandlungen werden nicht im deutschen Teil publiziert, weil sie bereits in Buchform von Seiten der Tonindustrie-Zeitung in Berlin erhältlich sind.

Trocken- und Nassverfahren: Brennstoffverbrauch und Leistung des Ofens.

von HENRY POOLEY.

In dieser Abhandlung soll ganz allgemein der relative Brennstoffverbrauch und die Ofenleistung nach dem Trocken- wie Nassverfahren bei der Herstellung von Portlandzement geprüft werden. Zu diesem Zweck soll angenommen werden, dass gleicher Kalkstein und Ton auf zwei Werken verwendet werden, von denen das eine nach dem Trocken-das andere nach dem Nassverfahren arbeitet. Es hat keinen Sinn, solche Materialien wie Kreide und Mergel zu vergleichen, weil deren natürlich nasser Zustand die Anwendung des Nassverfahrens erfordert, und bei dem gegenwärtigen Entwicklungsstadium der Industrie würde es absurd sein, ein anderes Verfahren zu verwenden. Kalkstein und Ton kommen jedoch in vielen Teilen der Welt vor und eignen sich dazu, die Frage aufzuwerfen, welches Verfahren vorteilhafter ist.

Es soll angenommen werden, dass der Kalkstein 11½% und der Ton 10% Feuchtigkeit enthalten. Der Stein soll wenigstens 95% Kalziumkarbonat enthalten. Jedes Werk besitzt einen Ofen, der normal 10 t Klinker stündlich erzeugt. Auf dem nach dem Nassverfahren arbeitenden Werke wird ein 40% Wasser enthaltender Schlamm dem Ofen zugeführt. Ofen und mit diesem verbundener Kühler besitzen eine Gesamtlänge von etwa 91,4 m, und der Durchmesser des Ofens beträgt 2,6 mit einer auf 3,2 m erweiterten Sinterzone. Das obere Ofenende ist mit im Innern des Ofens hängenden Ketten auf eine Entfernung von 18,3-21,3 m ausgerüstet zwecks wirksamerer Trocknung des Schlamms. Die aus dem Ofen entweichenden Gase besitzen eine Temperatur von 191° C. bis 246° C. Am unteren Ende des Ofens ist ein Spezialklinkerkühler an den Ofen montiert, und der Klinker verlässt den Ofen mit einer Temperatur von 93 bis 149° C.

Wenn wir voraussetzen, dass alle anderen Betriebsbedingungen normale sind, und da der Zweck des Artikels nur ein vergleichender ist, ist es nicht notwendig, diese aufzuzählen, und sie werden mehr oder weniger in beiden Fällen gleiche sein. Der Verbrauch an Normalkohle von 7000 Kal/kg Heizwert dürfte sich in der Nachbarschaft von 24% per t Klinker halten. Eine solch niedrige Abgastemperatur schliesst eine Verwertung der in den Gasen enthaltenen Wärme durch einen Abhitzekessel aus, und daher muss die für den Betrieb des Werkes erforderliche Kraft gesondert erzeugt werden.

Es ist schwierig, die Brennstoffmenge festzulegen, die für Kraftzwecke verbraucht werden wird, da zu viel von der Leistung des fraglichen Werks, besonders aber von der Mahlanlage, der Mahlfeinheit, dem Dampfverbrauch des Ersttriebes und Aehnlichem abhängt. Ein sehr sicherer Wert dürfte 14% Brennstoff per t erzeugtem Zement sein, doch ist es wahrscheinlich, dass 12% genügen dürften, und für den vorliegenden Zweck wird der letztere Wert vorausgesetzt. Auf diese Weise erreicht der gesamte Brennstoffverbrauch im Nasswerk für Brand und Kraftbedarf ca. 36% Normalkohle per t Zement.

Bei dem nach dem Trockenverfahren arbeitenden Werke wird der Ofen zur Erzeugung von 10 t Klinker stündlich, einschliesslich der Kühlerverlängerung 71,6 m lang sein und 2,69 m Durchmesser besitzen bei einem Durchmesser der Sinterzone von 3,2 m. Das Rohmehl wird beim Eintritt in den Ofen mit etwa 7½% Wasser angefeuchtet und die Abgase besitzen eine Temperatur zwischen 760 und 816° C. Am unteren Ende des Ofens befindet sich ein Spezialklinkerkühler, der wie bei dem Nassofen an diesen anmontiert ist. Wie vorher unter der Voraussetzung normaler Verhältnisse wird der Verbrauch an

Normalkohle 20-21% per t Klinker bezw. für Vergleichszwecke 20,5% betragen. Da das Rohmehl einen bestimmten Prozentsatz an Wasser enthält, muss dieses vor der Feinmahlung getrocknet werden, und daher müssen dem Gesamtbrennstoffverbrauch 1,25% Brennstoff per t Zement zugezählt werden. Dieser Wert beträgt nunmehr 21,75% per t Zement für alle Aufgaben.

An den Trockenofen ist indessen ein Abhitzekessel angeschlossen, und es hat sich herausgestellt, dass bei diesem Brennstoffverbrauch in den Abgasen genügend Wärme enthalten ist, um Dampf in dem Abhitzekessel für den Betrieb des Ofens und seiner ergänzenden Aggregate zu erzeugen. Daher beträgt der Gesamtbrennstoffverbrauch auf der Trockenfabrik zum Trocknen der Rohmaterialien, zum Brennen und alle Kraftbedarfszwecke 21,75% per t Zement, was um 14,25% besser ist als auf dem Nasswerk. Wenn wir annehmen, dass die Kohle per t RM 20,40 kostet, so bedeutet dieser Wert eine Ersparnis von ca. RM 2,90 per t Zement in diesem speziell betrachteten Falle, und die Trockenfabrik wird eine jährliche Ersparnis von etwa RM 244.800 in dieser Beziehung ergeben, indessen unter Vernachlässigung anderer Ueberlegungen, über die im letzten Absatz dieser Abhandlung gesprochen werden soll.

Die Verteilung der Wärmegewinnung und des Wärmeverlustes in den beiden fraglichen Oefen soll zunächst behandelt werden. Die Hauptpunkte, bei welchen Wärme verwertet wird, werden gezeigt, und die Wärmeverteilung ist in beiden Fällen im Rahmen vernünftiger Ueberlegung in runden Zahlen nur für Vergleichszwecke angegeben. Es muss betont werden, dass beide Fälle nur hypothetische sind, und dass sie keine tatsächlichen Oefen repräsentieren, die sich in Betrieb befinden. Obwohl diese Werte verhältnismässig genaue sind, dürfen sie nicht als konkrete Beispiele für den Betrieb nach dem Nass-oder Trockenverfahren verwendet werden.

Die folgende Tabelle zeigt alsdann die ungefähre vergleichende Verteilung der Wärmeverluste und -gewinne in beiden Oefen, von denen der eine nach dem Nass-der andere nach dem Trockenverfahren arbeitet, und die gleichen Kalkstein wie Ton verarbeiten und die gleiche Leistung von 10 t Klinker per Stunde aufweisen. Der Schlamm wird dem Nassofen mit 40% Wassergehalt zugeführt, und das dem Trockenofen aufgegebene Rohmehl enthält 7½% Wasser. Die Abgase des Nassofens besitzen eine Temperatur zwischen 191 und 246° C. und die des Trockenofens eine solche zwischen 760 und 816° C. Der Klinker verlässt beide Oefen mit einer Temperatur von 93-149° C. Der Verbrauch an Normalkohle beträgt in dem Nassofen 24% und in dem Trockenofen 20,5% per t Klinker. Beide Oefen sind mit einer Lage von Isoliermaterial zwischen der feuerfesten Auskleidung und dem Ofenmantel ausgerüstet mit Ausnahme der Sinterzone.

WÄRMEGEGWINNE UND-VERLUSTE.

| Position. | Nassofen | | Trockenofen | |
|--|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| | Kohle per 100 kg. Klinker. | % Gesamt- kohle. | Kohle per 100 kg. Klinker. | % Gesamt- kohle. |
| Reaktionen | 6,00 | 25 | 6,00 | 29½ |
| Wasserverdampfung, Ueberhit- zung usw. | 10,44 | 43½ | 1,02 | 5 |
| Wärme in den Abgasen aus Verbrennungsgasen und CO ₂ | 3,60 | 15 | 9,84 | 48 |
| Im Klinker verlorene Wärme | 0,36 | 1½ | 0,36 | 1½ |
| Strahlungsverlust | 3,00 | 12½ | 2,77 | 13½ |
| Unberechnet | 0,60 | 2½ | 0,51 | 2½ |
| Gesamt : | 24,00 | 100 | 20,50 | 100 |

Bei der Prüfung dieser Einzelheiten wird man sofort feststellen, dass die Wärmeverteilung in den Hauptpunkten ähnlich ist mit der wichtigen Ausnahme, dass die zur Wasserverdampfung und Ueberhitzung erforderliche Wärme in dem Nassofen so viel grösser ist, während die für die Verwendung im Abhitzekessel zur Verfügung stehende um ebenso viel niedriger ist. Unglücklicherweise lässt sich die in den Abgasen des Nassofens enthaltene latente Wärme nicht nutzbar machen. Im Trockenofen ist die zur Wasserverdampfung erforderliche Wärmemenge niedrig, und die in den Abgasen enthaltene Wärme kann für den Abhitzekessel nutzbar gemacht werden. Die Wasserverdampfung macht in der Trockenanlage 5% aus, während die für den Kessel zur Verfügung stehende Wärme 48% beträgt gegenüber 43½ und 15% beziehungsweise bei dem Nassofen. Man erkennt, dass der tatsächliche Strahlungsverlust beim Nassofen etwas grösser als bei dem Trockenofen ist, obwohl der Prozentsatz der gesamten verbrauchten Brennstoffmenge in dieser Beziehung niedriger erscheint. Die für die chemischen Reaktionen erforderliche Wärmemenge muss in beiden Fällen die gleiche sein, obwohl der Prozentsatz der verbrauchten Gesamtwärme beim Trockenverfahren grösser ist, wodurch der Wirkungsgrad des Ofens, selbst wenn dieser als eine getrennte Einheit betrachtet wird, etwas grösser gestaltet wird.

Wenn wir den Ofen als eine vollständige Einheit für sich betrachten, so ist der Nassofen sicher ebenso wirksam, wie unter den gegebenen Verhältnissen erwartet werden kann, insofern als er eine grosse im Schlamm enthaltene Wassermenge verarbeitet und die Temperaturen von Abgasen wie Klinker, die den Ofen verlassen, niedrig sind. Doch kann man korrekterweise den Trockenofen nicht allein betrachten, und sein Wirkungsgrad muss berechnet werden, indem man Abhitzekessel und Ofen als eine gemeinsame Einheit betrachtet hat. Ungefähr 65% der aus dem Ofen entweichenden Wärme kann verwendet werden, um Dampf im Kessel zu erzeugen, wobei 5% Strahlungsverlust im Kesselsystem und 30% Verlust durch Entweichen aus dem Kesselschornstein zugestanden werden, vorausgesetzt, dass geeignete Vorrichtungen getroffen sind, um das Eintreten kalter Luft und so weiter zu verhindern. Daher müssen den verbrauchten 29½% für die chemischen Reaktionen weitere 31½% für die durch die Abgase geleistete Arbeit zugezählt werden, was ein Gesamt von etwa 60½% hinsichtlich des gesamten Wirkungsgrades von Ofen und Kessel gegenüber nur 25% beim Nassofen ergibt.

Wenn man die Angelegenheit von einem etwas anderen Gesichtspunkte betrachtet, wird man feststellen, dass in beiden Oefen in der Sinterzone eine bestimmte Temperatur aufrecht erhalten werden muss, um die Kalzinierung und Sinterung der Rohmaterialien zu bewirken, und daher muss in beiden Fällen eine bestimmte Mindestzahl an Wärmeeinheiten aus der verbrannten Kohle zugeführt werden. Wenn die Arbeit der Kalzinierung und Sinterung vollbracht ist, enthalten die Gase eine ähnliche und beträchtliche Menge Wärme. Bei dem Nassofen wird diese Wärme verwendet, um den Schlamm zu trocknen, während diese Arbeit bei dem Trockenofen praktisch unnötig ist und daher die Wärme, welche in beiden Fällen vorhanden sein muss, beim Trockenprozess verwendet werden kann für Kraftzwecke.

So ist die Situation und bei Ausserachtlassung anderer Fragen wie z.B. der Tatsache, dass die Rohmaterialien nass leichter zu mahlen sind, der Frage nach der wirksamen Mischung des Rohmehls im Trockenprozess, der Frage nach den Zinsen für das durch den Abhitzekessel erforderlich werdende zusätzliche Kapital, der Frage nach dem Staub und Aehnlichem, ist es offenbar, dass in Fällen wie den behandelten das Trockenverfahren einen entschiedenen Vorteil besitzt, wenigstens vom Gesichtspunkt des Ofenwirkungsgrades und des Kohlenverbrauchs.

Grundlagen der Portlandzement-Herstellung.

EINIGE STRITTIGE FRAGEN.

DER Zementfabrikant besitzt zwei wesentliche Gesichtspunkte, einmal guten Zement herzustellen, und zum andern ihn billig zu fabrizieren. Es gibt so viele verschiedene Mittel, um diese Ziele zu erreichen, dass derjenige, welcher diesen Gegenstand untersucht, zuerst geneigt ist zu denken, dass sich die Technik der Zementherstellung wegen der verschiedenen Antworten, welche verschiedene Sachverständige auf die gleichen Fragen erteilen, in einem chaotischen Zustande befindet. Eine weitere Prüfung der Herstellung wird jedoch klar machen, dass der Nachdruck, der auf die Wichtigkeit eines besonderen Kennzeichens gelegt wird, in anderer Richtung eine laxere Behandlung ermöglicht, und dass die unzureichende Ausstattung in einer Fabrikationsabteilung kompensiert wird durch die grössere Sorgfalt bei einer anderen der Fabrikationsoperationen. Es besteht in der Tat kein grader und engumgrenzter Weg für die Erzeugung eines guten und billigen Zements; es führt vielmehr eine Anzahl von breiten Prachtstrassen zu dem gleichen Ziel. Nichtsdestoweniger kann man nicht annehmen, dass die Güte des Portlandzements ihren Gipfel bereits erreicht hat, noch haben die Fabrikationskosten ihr Minimum erreicht so, dass die nach höherer Qualität und niedrigeren Selbstkosten tendierenden Faktoren ständig weiter vom Fabrikanten im Auge behalten werden müssen.

Kalkgehalt.

Die Güte des Zements ist eine chemische Angelegenheit, und es ist einleuchtend, dass der Fabrikant auf die Herstellung gewisser chemischer Verbindungen abzielen sollte. Trotz der umfangreichen Forschungsarbeit zu dem Gegenstand besteht keine einheitliche Auffassung hinsichtlich der in einem guten Zement anwesenden Verbindungen. Einige Chemiker glauben, dass Trikalziumsilikat und Trikalziumaluminat die besten Zementverbindungen sind, und dass ein Zement, der nur diese Bestandteile enthält, ideal sein würde; andere Chemiker dagegen behaupten, dass Trikalziumsilikat nicht im Zement vorkommt, und dass es daher unnütz sei, nach seiner Erzeugung zu streben.

Die Schwierigkeit der Isolierung der verschiedenen Zementbestandteile ist so gross, das es töricht ist, in dieser Frage dogmatisch sein zu wollen, und in gewissem Umfange muss eine erfahrungsgemäss Grundlage für die Fabrikation bestehen. Es ist indessen eine Frage der Ueberzeugung, dass je näher die Zusammensetzung die erforderlichen Eigenschaften für Trikalziumsilikat und Trikalziumaluminat erreicht, oder roher ausgedrückt, dass je mehr Kalk im Zement bis zur Grenze innerhalb welcher er raumbeständig bei der Kochprobe bleibt, enthalten ist, desto grösser seine Festigkeit sein wird, und dieses ist ein ausreichender Führer für die Herstellung beim gegenwärtigen Stande unseres Wissens.

Kieselsäure und Güte.

Die Anteile der anderen Hauptbestandteile des Zements wie Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd können in weiten Grenzen schwanken, ohne dass ein offensichtlicher Effekt auf die Güte eintritt. Eine Untersuchung der chemischen Analyse einer grossen Zahl von Zementen und besonders solcher höchster Qualität (hochwertige Zemente) zeigt, dass zwischen dem Kieselsäure-Tonerdeverhältnis und der Güte keine Beziehung besteht; tatsächlich ist ein deutscher Forscher so weit gegangen zu behaupten, dass hoher Kieselsäure-wie Tonerdegehalt im Zement gute Qualität bedingen, während Zemente mit

mittleren Gehalten an Kieselsäure und Tonerde durch eine solche Zusammensetzung benachteiligt sind.

Sicherlich ist der Glaube, dass kieselsäurereiche Zemente unvermeidlicherweise langsam erhärten, nicht länger aufrecht zu erhalten. Ein Publizist von einer mexikanischen Fabrik hat kürzlich bewiesen, dass eine Steigerung des Eisenoxydgehalts des Zements die Güte verbessert; ob dieses indessen auf der Schmelzwirkung oder dem chemischen Effekt beruht, ist nicht bekannt.

Von chemischen Standpunkt besitzt der Zementfabrikant daher einen weiten Spielraum hinsichtlich der Rohmaterialien, und neben den physikalischen Eigenschaften dieser ist nicht viel zwischen dem einen und einem anderen Material zu wählen.

Brennen und Mahlen.

Der chemische Prozess der Zementherstellung besteht in der Umwandlung einer mechanischen Mischung von etwa Kreide und Ton in eine chemische Verbindung oder Verbindungen durch die Anwendung von Hitze. Wenn die Erhitzung bis zum Schmelzpunkt getrieben werden könnte, würde der Prozess vereinfacht werden wegen der grösseren Homogenität und Wirksamkeit der chemischen Reaktionen im flüssigen Zustande. Da das Schmelzen von Portlandzement indessen kommerziell undurchführbar ist, muss die notwendige Reaktion zwischen den Zementmaterialien durch ein oder zwei Mittel wie Feinmahlung und inniges Mischen der Rohstoffe und durch scharfen Brand bis nahe an die Schmelzgrenze erleichtert werden.

Dieses führt zu Fragen, die Jahre hindurch diskutiert worden sind; erstens, ob der Trockenprozess den Grad der Vollkommenheit beim Mischen der Rohmaterialien erreichen kann, wie es beim Nassverfahren möglich ist; zweitens, ob es vorteilhafter ist, die Rohmaterialien fein zu mahlen und bestrebt zu sein, die Kosten hierfür durch leichteren Brand zurückzugewinnen, oder aber alternativ die Rohmaterialien grob zu mahlen und durch scharfen Brand den Ausgleich zu schaffen; drittens ob der Vorteil für die chemische Reaktion infolge scharfen Brandes durch die Schwierigkeit der Klinkermahlung auf die notwendige Normenmahlfeinheit verloren geht. Jede dieser Fragen muss getrennt diskutiert werden hinsichtlich Kraftverbrauchs der Mühlen und Brennstoffverbrauchs in den Oefen.

Was das Endstadium der Zementherstellung, den Klinkermahlprozess angeht, und seine Wirkung auf die Güte, so besteht einheitliche Auffassung dahin: Je feiner, desto besser. Aber die Methoden, den notwendigen Mahlfeinheitsgrad zu erreichen, bilden wiederum einen Diskussionsgegenstand, bei dem die relativen Vorteile der Zweiphasenverbundmühlen, der Pendelmühlen und der Windsichtung bewertet werden müssen mit Hinblick auf die Möglichkeit, Zement herzustellen, mit dem grössten Mehlanteil.

Fabrikationskosten.

Wenn wir uns zu den Faktoren wenden, welche die Fabrikationskosten beeinflussen, entsteht die erste Kontroverse bei der Frage nach dem Nass-bezw. Trockenverfahren. Die Argumente sind auf beiden Seiten zahlreiche, und sie führen zu weiteren Fragen wie der bereits behandelten Wirkung auf die Güte, wie dem Wert von Abhitzeküppeln sowohl beim Nass- wie Trockenverfahren, ob weiter eine Staubsammlung von den Oefen wirtschaftlich möglich ist usw.

Die Diskussion über die zu begünstigende Ofenart ist weniger intensiv geworden, und ausser bei sehr ungewöhnlichen Verhältnissen dürfte für moderne Betriebsbedingungen, bei denen hohe Qualität, niedrige Zahl von

Arbeitern und grosse Fabrikationsaggregate verlangt werden, der Drehöfen empfohlen werden. Die besten Dimensionierungen der Drehöfen bleiben indessen ein Gegenstand, über welche viele verschiedene Auffassungen zitiert werden können, von denen jede eine Grundlage gesunder Erfahrung besitzt. Ueberdies besteht eine Aussicht auf grössere Wirtschaftlichkeit des Drehofenbetriebes als in den anderen Betriebsabteilungen, und es ist naturgemäss ein Gegenstand von hervorragendem Interesse, bis die notwendigen Unterlagen zur Verfügung stehen, um die wahren Vorteile des kurzen Ofens, des langen Ofens, des Ofens mit erweiterter Sinter-, Kalzinier-oder Schlammzone zu entscheiden.

Die in Drehöfen verwendete Kohlenart wird oft durch Preisüberlegungen geregelt, doch gibt es in einigen Fällen die Wahl zwischen Kohle mit hohem und niedrigem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen oder zwischen billiger Kohle mit hohem Aschengehalt und einer teuren Kohle mit hohem Heizwert. Es gibt Befürworter für beide Möglichkeiten. Der Grad der Mahlfeinheit der Kohle ist mit der Güte der Kohle verknüpft, und ihrerseits führt diese Frage zu der Frage nach dem besten Mühlentyp für diesen Zweck, nach der Frage ob Einheitsmahlagggregat, Rohrmühle oder Pendelmühle. Der Popanz der Klinkerringe und ihres schädlichen Einflusses auf die Kontinuität des Ofenbetriebes steht ebenfalls in Beziehung zur Kohlengüte und deren Mahlfeinheit, und er muss daher in diesem Zusammenhange betrachtet werden.

Die Art der Auskleidung des Drehofens ist ein Problem jüngeren Ursprungs. Bis vor wenigen Jahren, bis der ausländische Stein mit mehr als 60% Tonerdegehalt importiert wurde, war der gewöhnliche englische feuerfeste Ziegel der einzige in England zur Verfügung stehende. Die Betriebsleiter haben jetzt zu entscheiden, ob diese teuren hochtonerdehaltigen Ziegel ihren Preis wert sind. Lohnt es einen gewöhnlichen feuerfesten Ziegel mit vier Monaten Lebensdauer gegenüber einem tonerdehaltigen zu verwenden, der den dreifachen Preis besitzt und Aussicht auf eine wesentlich längere Lebensdauer bietet.

Im Interesse äusserster Wirtschaftlichkeit muss ein Drehofen kontinuierlich bei minimalem Kohlenverbrauche laufen, doch erhebt sich dann die Frage, ob die Leistung per Betriebstunde in solchem Masse gesteigert werden soll, dass per t Klinker ein zusätzlicher Brennstoffverbrauch entsteht. Und weiter erhebt sich die Frage, ob eine grosse Betriebsleistung notwendigerweise einen hohen Brennstoffverbrauch bedingt.

Die drei Hauptpunkte der Zementherstellungskosten sind Brennstoffverbrauch, Löhne und Kraft. Die gegenwärtigen Tageslöhne sind so hoch, dass der Wunsch arbeitsparende Aggregate auf Zementfabriken zu installieren, ein vergangener Schluss ist. Transporte von Material bilden einen beträchtlichen Teil solcher Aggregate, und die Hersteller der verschiedenen Typen von Transporteuren und Elevatoren, mechanischer wie pneumatischer Natur, verfügen über einen Reichtum an Argumenten, der oft die Entscheidung schwierig macht.

Was die Kraft in Zementfabriken angeht, so ist die gegenwärtige Tendenz auf völlige Elektrifizierung und Pauschalbezug der Elektrizität abgestellt. Das Fehlen einer Kraftanlage in einer Zementfabrik entlastet die Schultern des Betriebsleiters und reduziert den Kapitalsaufwand per t jährlicher Leistung, aber es schliesst auch den Ausfall des Wärmewerts der die Drehöfen verlassenden Gase, die zur Dampferzeugung für Kraftzwecke verwendet werden könnten, in sich.

Erwünschte Diskussionen.

Es ist genügend geschrieben worden, um anzugeben, dass, trotzdem die Zementfabrikation prinzipiell einfach ist, indem sie zwei Prozesse des Mahlens und Erhitzen umfasst, die Einzelheiten der Betriebsverhältnisse solche viele verschiedene Möglichkeiten besitzen, dass Spielraum für viele Diskussionen vorhanden ist, und es ist beabsichtigt, dass solchen Diskussionen durch Fachleute und andere mit begrenzter aber mit nützlicher Erfahrung Gelegenheit gegeben wird. Wir würden uns freuen, nützliche Beiträge über diese strittigen Punkte zu veröffentlichen, und wir hoffen, dass alle mit der Zementindustrie in Verbindung stehenden die Gelegenheit benutzen werden, die sich ihnen mit der Herausgabe von CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE bietet, um ihre Ansichten über Fabrikationsprobleme zu ventilieren.

Buchbesprechung.

Internationales Adressbuch für die Zement-, Kalk-und Gipsindustrie.
Adressbuch der Zement-, Kalk-und Gipsindustrie). Verlag „Der Bau-Kurier,” Berlin-Charlottenburg, Preis 15 RM.

Dieses Handbuch hat sich gegen die Ausgabe von 1925 beträchtlich geändert. Es informiert über die Organisation der betreffenden Industrie einschliesslich ihrer Verkaufsverbände. Hinsichtlich der deutschen Zementfirmen wird eine ausführliche Orientierung über jede Gesellschaft gebracht. Eine vollständige Liste der Zementfabriken in der ganzen Welt bildet einen Teil des Handbuchs. Es enthält weiter eine lückenlose Liste der deutschen Kalk- und Gipsfabriken.

INTERNATIONAL**“CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE”****Bezugspreise.**

AUF Grund der sehr stark vermehrten Herstellungskosten von „CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE“ in seiner neuen Form, ist es notwendig gewesen, den Preis auf 2 Shilling für jedes Heft zu erhöhen. Der jährliche, in der ganzen Welt postfreie Bezugspreis beträgt 24 Shilling. Augenblickliche Bezieher, welche auf Grund unserer früheren Subskriptionsliste im Voraus bezahlt haben, werden so lange die Hefte zum alten Preise weiter erhalten, bis ihr gegenwärtiges Abonnement abläuft.

Der jährliche Bezugspreis ist an „CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE“, London, S.W.1, Dartmouth Street 20, England einzusenden, worauf die Hefte regelmässig monatlich für die Dauer des Bezugs zugestellt werden.

Mess-und Anzeigegeräte für Drehofen.—I.

von A. C. DAVIS.

(BETRIEBS-DIREKTOR DER ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.)

DIE Herstellung von Zementklinker im Drehofen aus nass oder trocken aufbereiteten Rohstoffen umfasst die Kombination von vier Phasen des Prozesses in einer Apparatur. Diese Phasen sind:

- (1) Trocknen des Rohmaterials. Beim sogenannten Trockenverfahren tritt das aufbereitete Rohmaterial in den Ofen in leicht feuchtem Zustand ein.
- (2) Erhitzen des Rohmaterials auf eine Temperatur, bei der Kohlensäure ausgetrieben wird.
- (3) Weiteres Erhitzen des Materials, bis sämtliche Kohlensäure ausgetrieben ist unter Bildung von Kalziumoxyd.
- (4) Steigerung der Temperatur des Kalziumoxyds in Gegenwart tonhaltiger Bestandteile der Mischung bis zu einem Punkte, bei dem Sinterung eintritt.

Die neuzeitlichen Herstellungsverfahren umfassen die wissenschaftliche Kontrolle des Brennprozesses, und es liegen viele Beweise dafür vor, dass eine derartige Kontrolle einen markanten Einfluss auf Leistung und Wirtschaftlichkeit ausübt. Es gibt viele Stellen, an denen die Messung der Temperatur oder anderer Werte, die in der Reihe der einzelnen Phasen wichtig sind, wünschenswert ist, doch haben praktische Schwierigkeiten bisher die Möglichkeit solcher Messungen begrenzt.

Auf Grund der Konstruktion des Drehofens und der Natur der verarbeiteten Materialien ist es praktisch unmöglich, wissenschaftliche Instrumente bei Beobachtung und Kontrolle der zweiten und dritten Phase des Prozesses zu verwerten. Es ist daher praktisch notwendig, die Aufmerksamkeit auf die beiden Ofenenden zu begrenzen, nämlich auf das relativ kühle Ende, an dem das Rohmaterial zugeführt wird und auf das heiße Ende, an dem die Verbrennung des Brennstoffs und die Sinterung des Materials erfolgt, wie auch der Klinker den Ofen verlässt.

Wenn man sich zunächst mit dem kalten Ende befasst, so sind folgende Messungen wünschenswert:

- (1) Temperatur der Abgase.
- (2) Zusammensetzung der Abgase.
- (3) Menge des dem Ofen aufgegebenen Rohmaterials.
- (4) Feuchtigkeitsgehalt des Rohmaterials in Prozent.
- (5) Menge des mit den Abgasen verloren gehenden trocknen Rohmaterials.
- (6) Zug im Ofenende infolge des Schornsteins oder des Gebläses.

Am heissen Ende des Ofens können Kontrollinstrumente vorteilhaft für folgende Zwecke Verwendung finden:

- (1) Temperatur des Klinkers in der Zone, in der die Sinterung erfolgt.
- (2) Gewicht und Zufuhrmenge des Brennstoffs, Staubkohle oder Öl.
- (3) Luftdruck im Ofenkopf und Gebläsefeuerungsrohr.
- (4) Menge der Primärluft für den Transport der Staubkohle in die Brennzone.
- (5) Temperatur der Klinker beim Verlassen des Kühlers.
- (6) Temperatur des Ofen- und Kühlermantels.
- (7) Gewicht des erzeugten Klinkers.

Es ist beabsichtigt im einzelnen die verschiedenen Instrumente zu beschreiben, welche für die aufgezählten Zwecke zur Verfügung stehen.

Temperaturmessungen.—Die Temperatur der Abgase schwankt von 204 oder weniger Grad C beim modernen Nassofen bis zu 650° C oder höher beim Trockenofen. Zur Bestimmung des niedrigeren Temperaturbereichs ist es möglich, ein stickstoffgefülltes Quecksilberthermometer oder ein Dampfspannungsthermometer zu verwenden. Beide Typen dieser Instrumente sind verhältnismässig empfindlich und werden wahrscheinlich beschädigt, wenn sie über die Maximaltemperatur erhitzt werden, auf die sie kalibriert sind.

Für den höheren Temperaturbereich sind andere Mittel zur Messung erforderlich und die Erfahrung hat gelehrt, dass es auch für den niedrigeren Bereich besser ist, ein Instrument zu benutzen, das besser Uebertemperaturen aushält und den schwierigen Verhältnissen der Betriebspraxis des Drehofens besser gewachsen ist.

Das thermoelektrische Pyrometer ist ein Instrument, das derart angefertigt werden kann, dass es befriedigend den schweren Beanspruchungen industrieller Verhältnisse genügt, und es hat daher weit verbreitete Anwendung in der Zementindustrie gefunden. Eine Pyrometerausrüstung besteht aus einem Thermoelement und einer Anzeige-oder Aufzeichnungsvorrichtung, die durch die elektrische Energie betrieben werden, die erzeugt wird, wenn das Thermoelement erhitzt wird. Das Thermoelement besteht aus zwei verschiedenen Metall-oder Legierungsdrähten, die beim Zusammenbringen in dichten Kontakt und beim Erhitzen an den anderen Drahtenden einen Unterschied im elektrischen Potential erzeugen. Wenn ein Galvanometer oder Millivoltmeter in den Stromkreis an dem kalten Ende beider Metalle eingeschaltet wird, entsteht ein elektrischer Strom und dieser wird die Ablenkung der Nadel bewirken. Die Stärke der Ablenkung wird völlig von der Temperaturdifferenz zwischen den heissen und kalten Enden des Elements abhängen, da bei je grösserem Unterschied eine um so grössere elektrische Kraft und entsprechend ein um so stärkerer Strom entstehen wird. Die so erzeugte elektrische Kraft kann bis zu 60 Millivolt betragen und ist von der Temperatur wie den zum Thermoelement verwendeten Metallen abhängig. Es ist üblich, das Galvanometer oder Millivoltmeter so zu kalibrieren, dass direkt in Temperaturgraden abgelesen werden kann. Dieses ist die einfachste Form des thermoelektrischen Pyrometers, doch ist es in der Praxis erforderlich, viele Verfeinerungen hinzuzufügen, bis eine verlässliche und widerstandsfähige Ausrüstung erhalten wird.

Das Thermoelement kann aus vielen Paaren verschiedener Metalle oder Legierungen konstruiert sein, und diese gruppieren sich in zwei Klassen nämlich in diejenigen, welche aus edlen Metallen bestehen (Platin, Iridium, Rhodium usw.) und in jene, bei welchen „basische“ oder billigere Materialien wie Kupfer, Chrom und Nickel verwendet werden. Für viele industrielle

Zwecke, wie besonders bei Zementfabriken, werden Thermoelemente aus „basischen“ Materialien verwendet, wobei die übliche Kombination aus Eisen und einer als Konstantan bekannten Kupferlegierung besteht. Das Thermoelement nimmt gewöhnlich die Form eines Rohrs von etwa 1,59 cm Durchmesser an, das aus Eisen gemacht ist und durch das im Innern ein Konstantandraht läuft, der an dem einen Ende des Rohrs um dieses abzuschliessen angeschweisst ist. Das Isoliermaterial sollte möglichst nicht aus Porzellan oder anderem zerbrechlichem Material sein, von dem anzunehmen ist, dass es zerbricht, wenn das Thermoelement herabfällt. Es muss dafür gesorgt werden, dass der Konstantandraht das Rohr zwischen der Thermoschweissstelle und dem Kopf nicht berührt, und Isolierknöpfe, Porzellanrohre oder Asbest werden verwendet, um dieses zu verhindern, wenn der Draht nicht starr genug ist, um dieses zu tun.

Es ist an dieser Stelle nicht beabsichtigt, alle technischen Einzelheiten und Verbesserungen zu behandeln, welche sich auf das neuzeitliche Thermoelement beziehen, doch sind die folgenden Darlegungen eine kurze Beschreibung des massgeblichen Prinzips. In der einfachsten bereits beschriebenen Form des Pyrometers ergeben Schwankungen der Temperatur am heißen Ende Schwankungen der Temperatur am kalten Ende. Das Messinstrument würde auch durch Temperaturänderungen beeinflusst werden, da die Verhältnisse selten denen ähneln dürften, unter denen die Ausrüstung desselben kalibriert wurde. Solche Temperaturschwankungen würden die Kalibrierung umstürzen infolge Änderungen im elektrischen Widerstand im Stromkreis; um diese Schwierigkeit zu überwinden ist es daher notwendig, in der Reihe mit dem Instrument einen Ballastwiderstand von hohem Wert anzurufen, so dass vergleichsweise die Widerstandsschwankungen infolge äusserer Einflüsse klein sind. An der kalten Verbindungsstelle werden die Schwierigkeiten infolge Temperaturänderungen durch einen Ausgleichsdehner überwunden. Dieser hat die Form eines Kabels, dessen Führung aus Metallen hergestellt ist, die thermoelektrisch mit dem Thermoelement auswechselbar sind, und die in Reihen mit und zwischen Element und Instrument verbunden sind. Der Zweck besteht darin, die kalte Berührungsstelle nach einem Punkt zu verlegen, wo diese nicht durch Temperaturschwankungen am heißen Ende des Thermoelements beeinflusst wird. Die Leitungen der Ausgleichsextension können direkt zum Messinstrument gelegt werden, doch ist es üblicher, besonders bei beträchtlicher Entfernung, Kupferleitungen zwischen der Ausgleichsextension und dem Instrument zu verwenden. Die Länge der Leitungen ist Ueberlegungssache, und sie sind oft in Zementfabriken bis zu 800 m lang. Abb. 1 (Seite 151) zeigt die Bestandteile eines Anzeigepyrometers, das aus scheidigartigem Stiel, Kompenstationsextension, Kupferleitungen und Anzeigevorrichtung besteht.

Ein Vorteil des thermoelektrischen Pyrometers gegenüber dem gasgefüllten Quecksilberthermometer oder anderen Modifikationen des Quecksilberthermometers in Glas oder Stahl oder gegenüber dem Dampfspannungsthermometer besteht darin, dass, wenn einmal an einer Stelle Temperaturänderungen in elektrische Potentialänderungen an einer anderen und entfernten Stelle umgewandelt sind, es möglich ist, das Anzeige- und Registrierinstrument in fast jeder Stellung zu plazieren.

Die normale Anlage eines elektrothermischen Pyrometers auf einer Zementfabrik umfasst ein Anzeigegerät auf der Ofenbedienungsbühne zum Gebrauch durch den Brennmeister und ein Registrierinstrument, das sich entweder im Büro des Betriebsleiters oder des Meisters befindet. Abb. 2 (Seite 152) zeigt eine Einzelaufzeichnungskarte in Kreisform.

Es gibt im allgemeinen noch weitere Temperaturen neben den Abgas-

temperaturen, die gemessen werden müssen. In solchen Fällen ist es üblich, eine Mehrstellenschaltung vorzusehen, die den Betriebsleiter in die Lage versetzt, den Temperaturpunkt auszusuchen, den er zu wissen wünscht. Die Registrierapparate sind mit mehreren Ableseeinrichtungen, bis zu vier auf einer Karte, ausgestattet, wobei verschiedene farbige Tinten Verwendung finden, um die verschiedenen Stellen der Temperaturmessung zu unterscheiden. Wo mehr als vier Aufzeichnungsstellen gleichzeitig nötig sind, ist es üblich weitere Registrierapparate zu haben. Wenn jedoch nur vier Aufzeichnungen mit einem Apparat mit mehr als vier Stellen erforderlich sind, so kann ein Kontaktstöpsel-registrierapparat verwendet werden. Dieser macht es möglich jeden der vier Wege des Registrierapparats mit jedem Stromkreis zu verbinden. Ein typisches Instrument dieser Art zeigt Abb. 3 (Seite 153). Abb. 4 (Seite 153) zeigt einen Registrierapparat vom Kartenstreifentyp für zwei Stellen und Abb. 5 (Seite 154) eine Registriervorrichtung mit zwei Blättern für je drei Anzeigevorrichtungen.

Bei Auswahl der passendsten Stellung und der Art des Arrangements der verschiedenen Pyrometerteile sollte das Thermoelement möglichst so plaziert werden, dass es vertikal nach abwärts hängt; wenn jedoch eine horizontale Stellung gewählt werden muss, dann muss ein tragendes Rohr vorgesehen werden bis zu etwa 30 cm vom heißen Ende entfernt.

Beim Drehofenbetrieb ist es schwer eine Stellung auszuwählen, welche die mittlere Gastemperatur, die gemessen werden muss, ergibt. Am rückwärtigen Ende des Ofens gibt es beträchtliche Gaswirbel, und es ist zur Auffindung des Punktes der mittleren Temperatur notwendig, eine Zahl von Ablesungen sowohl in horizontaler wie vertikaler Richtung des Gasweges vorzunehmen und die Temperaturverteilung zu berechnen.

Es ist Sorge zu tragen, dass das Ende des Thermoelements möglichst nicht an einer Stelle plaziert wird, an welcher es Wärme durch Strahlung und Ableitung zu einem nahen Gegenstande wie dem Schlammzuführrohr verlieren kann. Die Nähe eines relativ kalten Gegenstandes kann gelegentlich die Ursache für das Ablesen einer niedrigeren als der wirklichen Temperatur sein.

Das Ende des Thermoelements muss häufig von jeder Schlamm- oder Staubablagerung gereinigt werden, da die Ansammlung von beiden die Temperaturanzeigen ungenau machen würde.

Die das Thermoelement mit dem Instrument verbindenden Kabel sollten richtig isoliert und gesichert werden, und so weit möglich sollten sie so plaziert sein, dass Strahlung vom Ofen sie nicht beeinflussen kann.

Wo mehrere Stellen zu messen sind, ist es üblich, die kalten Verbindungsstellen in ein Oelbad zu tauchen, wobei Vorrichtungen vorgesehen sind, die Temperatur des Oels zu messen und es vor Temperaturänderungen infolge äusserer Einflüsse zu schützen. Eine solche Vorrichtung ermöglicht es, dass die kalten Verbindungsstellen aller Kabel die gleiche Temperatur besitzen, und dass die Temperaturablesungen genau vergleichbar sind. Abb. 6 (Seite 155) zeigt die kalte Verbindungsstelle im Oelbad mit Anzeigepyrometer und Sechswegschaltung. Das genaue Verfahren der Montage der Apparatur und das Umhüllen der Stromleitungen in galvanisierten Führerrohren sollte besonders beachtet werden.

Die Montage des Instruments, sei es der Anzeige-oder der Registrierapparat, erfordert sorgfältige Ueberlegung. Die ausgewählte Stelle sollte möglichst kühl sein, und die Instrumente müssen, wenn sie in der Nähe des Ofens zur Aufstellung gelangen, vor Strahlungswärme geschützt werden. Es ist auch wesentlich, dass die Stellung praktisch staubfrei ist, da trotz der Kapselung der

Handelsinstrumente in staubdichten Gehäusen es selten vorkommt, dass sie den feinsten Staub fernhalten.

Abgasanalysen.—Die Abgase eines Drehofens bestehen hauptsächlich aus Stickstoff, Kohlendioxyd, Feuchtigkeit in Form überhitzten Dampfes, etwas freiem Sauerstoff und gelegentlich einer Spur von Kohlenoxyd. Es gibt viele Arten von Instrumenten zur Bestimmung des Volumenprozentgehaltes der Gasbestandteile. Dort wo eine vollständige Analyse erforderlich ist, ist es üblich, einen Orsatapparat zu verwenden, von denen es verschiedene Arten gibt. Dort, wo Teilanalysen verlangt werden, können Registrierapparate, gewöhnlich nur für Kohlendioxyd, in einigen Fällen aber auch für Sauerstoff oder Kohlenoxyd verwendet werden.

Der Orsatapparat besteht aus einem Aspirator, einer mit Wasser umgebenen Messbürette und Absorptionspipetten. Die Bürette ist gewöhnlich so geteilt, dass man 1/10 ccm ablesen kann, und sie besitzt einen Gesamtinhalt von 100 ccm. Zum Ansaugen wird gewöhnlich Wasser verwendet. Die Pipetten sind vorgesehen zur Bestimmung der Volumenprozente an Kohlendioxyd, Sauerstoff und Kohlenoxyd, während der Stickstoff aus der Differenz berechnet wird. Da die Temperatur, bei welcher die Analyse ausgeführt wird, ungefähr die der Atmosphäre ist, wird der Dampf in den Gasen kondensiert und kann für alle praktischen Zwecke vernachlässigt werden.

Zur Absorption von Kohlendioxyd kann eine Lösung von Kalilauge oder Natronlauge Verwendung finden, von denen die erstere im allgemeinen vorgezogen wird. Eine alkalische Lösung von Pyrogallussäure kann für Sauerstoff verwendet werden, und für Kohlenoxyd kann entweder eine saure Lösung von Cuprochlorid oder eine ammoniakalische von Cuprochlorid benutzt werden. Die letztere besitzt grössere Absorptionsfähigkeit und ist daher vorzuziehen.

Die Absorption von Kohlendioxyd ist in der einfachsten Pipettenform schnell durchgeführt, doch werden Sauerstoff und Kohlenoxyd nicht so schnell absorbiert. Um die Absorptionszeit möglichst abzukürzen, sind verschiedene Pipettenformen entworfen worden, die entweder das Gas mit einer möglichst grossen Oberfläche der Absorptionslösung in Verbindung bringen oder aber, die veranlassen, dass das Gas durch das Absorptionsmittel wirbelnd tritt.

In der einfachsten Pipettenform, wie sie Abb. 7 (Seite 156) zeigt, passiert das Gas durch das Mittelrohr zum Boden der Pipette und steigt dann in Blasen durch das Absorptionsmittel auf. Dieselbe Pipettenart ist gelegentlich mit einer Anzahl kleiner Glasmäppchen gefüllt. Diese vermehren beträchtlich die Oberfläche, welche mit dem Absorptionsmittel, mit dem das Gas in Kontakt kommt angefeuchtet wird.

Abb. 8 (Seite 157) zeigt eine Pipette, bei der die Absorption sehr schnell und wirksam bei der Bestimmung von Spuren an Sauerstoff oder Kohlenoxyd eintritt. Die Wirksamkeit wird durch die Tatsache herbeigeführt, dass Gas und Absorptionsmittel in einem Zustande des Wirbelns zusammen gebracht werden. Die Gase passieren das Mittelrohr nach unten, wie in dem bereits beschriebenen Typ, doch ist das Bodenende dieses Rohrs nach oben gebogen und ragt in eine Spirale von grösserem Durchmesser, die beinahe bis zur Spitze des umschliessenden Gefäßes reicht. Ein Teil des Mittelrohrs wird an der Stelle des Durchschnitts mit der Spirale in diese aufwärts geführt und endet in Form einer Düse. Die aus der Düse heraustretenden Gase wirken wie ein Injektor und saugen einen Teil des Reagens mit sich, das durch das offene Ende im Boden der Spirale eintritt. Gase und Reagens passieren gemeinsam durch die Spirale nach der Spitze der Bürette hin. Es findet beträchtliche

Vermischung statt, und Gase wie Reagenz werden beim Durchtritt durch die Spirale in innige Berührung gebracht, woraus eine schnelle Absorption des Gases resultiert. Ein vollständiger, tragbarer Orsatapparat wird in Abb. 9 (Seite 157) gezeigt.

Der Orsatapparat kann auch benutzt werden, um die Anwesenheit gewisser Kohlenwasserstoffe zu bestimmen, wenn er in Verbindung mit einer Hempelbombe für Wasserstoff und Methan Verwendung findet. Da indessen diese Gase in den Ofengasen nicht anwesend sind, soll diese zusätzliche Benutzung, für die dieser sehr nützliche Apparateteil gebraucht werden kann, nur erwähnt werden. Der Orsatapparat wird auch hergestellt, indem viele Glas-durch Metallteile ersetzt werden, doch sind Prinzip und Verfahren der Bestimmung der Gasbestandteile genau die gleichen wie die bereits beschriebenen. Ein Apparat dieser Art ist in Abb. 10 (Seite 158) gezeigt.

Wenn eine kontinuierliche Aufzeichnung der Analyse bestimmter Gasbestandteile gewünscht wird, stehen verschiedene zufriedenstellende Registrapparate zur Verfügung, doch ist es notwendig, die Analyse auf nicht mehr als zwei Gase zu begrenzen. Viele der Registrapparate beruhen auf Absorption, doch benutzen einige auch andere Prinzipien.

Eines solcher Instrumente zur Registrierung der Anwesenheit von Kohlendioxyd wird elektrisch betrieben und hängt von dem Unterschied der thermischen Leitfähigkeit von Kohlendioxyd und Luft ab. Die vollständige Betriebsausrüstung besteht aus Russfilter, Wasseraspirator und Kohlendioxydmesser, wie es in Abb. 11 (Seite 159) gezeigt ist. Das CO_2 -Element, namens Katharometer, das in Abb. 12 (Seite 160) gezeigt wird, besteht aus zwei Zellen, die jede identische Platindrahtspiralen enthalten, die so elektrisch verbunden sind, dass sie eine Wheatstonesche Brücke bilden. Die Zellen befinden sich in einem Gehäuse aus Metall. Wenn durch die Spirale ein elektrischer Strom passiert, werden diese erwärmt und übertragen Wärme auf die die Zellen einschliessenden Gehäuse. Ihre Temperatur und damit ihr elektrischer Widerstand wird verändert unter Abhängigkeit von der thermischen Leitfähigkeit der sie umgebenden Gase.

Wenn Luft durch beide Zellen bei gleicher Geschwindigkeit streicht, bleiben die relativen Widerstände jeder Spirale unverändert. Wenn jedoch Luft durch die eine eintritt und Kohlendioxyd durch die andere, so wird in der einen Zelle eine grössere Kühlwirkung erzeugt als in der anderen. Ein Arm der Wheatstoneschen Brücke wird aus dem Gleichgewicht geworfen, wodurch eine Ablenkung des Galvanometers, das sich im Stromkreis befindet, erfolgt und wobei die Grösse der Ablenkung von der Menge anwesenden Kohlendioxyds abhängt. Das Galvanometer ist in Prozent Kohlendioxyd geteilt. Das Katharometer, da so nahe wie möglich bei dem Punkt zur Aufstellung gelangen sollte, an der das Gas als Probe entnommen wird, erhält Gas und Luft durch einen Aspirator zugeführt. Es können entweder Anzeige-oder Registrapparate oder aber beide benutzt werden, und sie können in angemessener Entfernung vom Katharometer platziert werden, da die einzige Verbindung zwischen ihnen isolierte Drähte sind. Diese Instrumente sind im allgemeinen den in der Pyrometrie benutzten ähnlich.

Das elektrische Verfahren wird in etwas modifizierter Form auch verwendet zur Bestimmung des Prozentgehalts an Kohlenoxyd oder Sauerstoff, doch erfolgt in beiden Fällen die Bestimmung aus der Differenz, da das Gas durch Verbrennung in Kohlendioxyd übergeführt und die Differenz im Kohlendioxydgehalt vor und nach der Verbrennung bestimmt wird.

(*Fortsetzung folgt.*)

Zementfabrik Guayaquil.

VOR einigen Jahren entstand der Plan, in Ecuador, und zwar in Guayaquil, eine kleinere Zementfabrik zu errichten, um das Vorkommen an Kalkstein und Ton, deren Zusammensetzung einen guten Zement versprach, auszunutzen. Der Firma, dem Krupp-Grusonwerk, Magdeburg, wurde die Aufgabe gestellt, durch die einzubauende maschinelle Einrichtung die Wirtschaftlichkeit der Anlage bei einer täglichen Leistung von nur 240 Fass sicherzustellen.

Die Antriebsfrage wurde in der Weise gelöst, dass eine grössere Anzahl von Elektromotoren für die einzelnen Arbeitsmaschinen aufgestellt ist, um lange Transmissionen, also Verlustquellen zu vermeiden.

Der Arbeitsgang ist der beim Trockenverfahren allgemein übliche. Der plastische Ton wird dem Gleichstrom-Trockner durch ein schräg ansteigendes Transportband zugeführt. Er durchläuft vorher ein über dem Trockner-Einlauf aufgestelltes Walzwerk, das die groben Stücke zerkleinert. Nach der Trocknung wird er in der einen Tasche eines grossen Doppel-Bunkers gelagert. Die zweite Tasche dieses Bunkers dient zur Aufnahme des getrockneten Kalksteins. Dieser wird nach der Anfuhr vom Bruch unmittelbar in einen Steinbrecher gestürzt und dem Trockner durch Tellerspeiser gleichmässig aufgegeben.

Zwei Schubwagenspeiser entnehmen den getrockneten Ton und Kalkstein dem Doppelbunker und beschicken eine Gattierungswaage, die für die richtige Zusammensetzung der Rohmaterialien unerlässlich ist. Darauf werden die Rohstoffe gemahlen. Hierzu dient eine Krupp-Verbundrohrmühle, die neben der Zementmühle im gemeinschaftlichen Mühlensaal steht und so eingerichtet ist, dass sie sowohl zum Mahlen der Rohstoffe als auch der gebrannten Zementklinker dienen kann. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit sind die empfindlichen Antriebsteile und die Antriebsmotoren der Mühlen in besonderen staubdichten Räumen aufgestellt. Das von der Mühle kommende Rohmehl wird in einer grossen fünfzelligen Siloanlage gemischt, sodass es eine gleichmässige Beschaffenheit erhält, wie sie für einen hochwertigen Zement Voraussetzung ist.

Förderschnecken und Becherwerke bringen das Rohgut zum Ofeneinlauf, und eine Zuführungsschnecke fördert es in den Ofen, der bei 2 m Durchmesser eine Länge von 30 m aufweist. Befeuert wird der Ofen durch Erdöl, das billig zur Verfügung steht und eine wesentliche Vereinfachung und Verbilligung der Anlage ergibt, da die z.B. bei Kohlenstaubfeuerung notwendige Kohlen-Trocken- und Mahlanlage entfällt. In einer unterhalb des Brennrohres angeordneten Kühltrömmel, die mit Endsieb und automatischer Waage versehen ist, werden die Klinker gekühlt und ausgetragen. Rinnen und Becherwerk verteilen die erbrannten Klinker über ein Lager von 38 m Länge und 14 m Breite. Der gut abgelagerte Klinker wird im Handbetrieb entnommen und einem Becherwerk aufgegeben, das ihn unmittelbar in den Zementmühlenbunker fördert. Zum Zementmahlen ist wieder eine bewährte Krupp-Verbundmühle von 1,24 m Durchmesser und 8 m Länge vorgesehen, die in einem Durchgang ein Produkt von grösster Gleichmässigkeit erzielt. Der fertige Zement wird mittels Schnecken und Becherwerk der Zement-Siloanlage mit 10 quadratischen Zellen und einem Fassungsvermögen von rund 3000 t zugeführt. Unter den Silos sind Sack- und Fasspackmaschinen angeordnet, die sich gut bewährt haben. Auch für den fertig verpackten Zement sind grosse Lager vorhanden, um jederzeit plötzlichen Anforderungen gewachsen zu sein. Als besonders günstig für den Betrieb haben sich die recht gross vorgesehenen Zwischenbunker und Silos erwiesen, wodurch bei Stockungen im Absatz oder der Rohmaterial-Anfuhr Unterbrechungen im Betriebe umgangen sind.

Abb. 1 (Seite 173): A, Rohstoff-Lager; B, Zerkleinerung und Trocknerei; C, Rohstoff-Mühle; D, Zement-Mühle; E, Mühlen-Antriebe; F, Drehrohrofen; G, Klinkerschuppen; H, Zement-Silos; J, Lager; K, Pack-und Verladeraum.

Die polnische Zementindustrie.

DIE Erzeugungskapazität der siebzehn polnischen Zementfabriken erreicht jetzt etwa 2,500,000 t im Vergleich zu 1,300,000 t im Jahre 1913. Im Laufe der letzten drei Jahre betrug die polnische Zementerzeugung: 1927 808,000 t, 1928 1,070,000 t, 1929 1,009,000 t. Hieraus geht hervor, dass die Werke noch nicht mit der Hälfte ihrer Kapazität erbeiten.

Der inländische Zementverbrauch schwankte in den letzten drei Jahren zwischen 630,000 t 1927, 998,000 t 1928 und 890,000 t 1929. Der mittlere Verbrauch per Kopf der Bevölkerung beträgt 33 kg, und der polnische Inlandsverbrauch würde bei einer Steigerung auf das in Deutschland herrschende Niveau bis zu 3 Millionen t im Jahre ausmachen oder das Dreifache des jetzigen Konsums.

Trotz der entfernten Lage von den Häfen,—etwa 650 km im Mittel,—hält die polnische Industrie nach Auslandsmärkten Umschau. Während der ersten Nachkriegsjahre war die Zementausfuhr unbedeutend. Seit 1927 führte die polnische Zementindustrie indessen in jedem der drei Jahre etwa 120,000 t hauptsächlich nach Südamerika, den Ostseestaaten und dem Orient aus. Die Vereinigung polnischer Portlandzement-Fabrikanten betreibt eine lebhafte Propaganda zum Zwecke der Steigerung des Inlandskonsums, wozu auch die Errichtung von Modellhäusern gehört, die ganz aus Beton gebaut sind, um in Polen das Massenherstellungssystem von Hausbauten einzuführen. Sie betreibt weiter eine energische Propaganda zur Herstellung von Betonstrassen. Zu diesem Zwecke gründeten die polnischen Zementfabriken eine Tochtergesellschaft, die „Betonstrassen Gesellschaft“, die in Zusammenarbeit mit dem polnischen Arbeitsministerium einen Plan ausarbeitet, um ein Netzwerk von Betonstrassen über ganz Polen zu bauen. Im vergangenen Jahre wurde zur Ausführung praktischer Versuche ein Laboratorium errichtet, um die besten Verfahren für die klimatischen und sonstigen Verhältnisse ausfindig zu machen, und eine Anzahl von Versuchsstrecken wurde in der Nähe von Warschau, Lwow und in Schlesien angelegt.

Die polnische Zementindustrie ist in einem Kartell organisiert, das alle bestehenden Werke umfasst und als „Centrocement Gesellschaft“ eingetragen ist. Ausserdem sind Gruppen von Werken vergesellschaftet durch gemeinsame Leitung, gemeinsamen Einkauf von Rohstoffen und Festlegung der Produktionsquoten.

Neue polnische Normen.

SEHR GEEHRTE HERREN,—Als Verfasser des Vorschlags für die Abänderung der polnischen Zementnormen möchte ich Ihre Aufmerksamkeit auf eine Auslassung in der Dezember 1930-Ausgabe von CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE lenken.

Die neuen Normen schreiben als Zugfestigkeit eines 1 : 3 Mörtels vor:

nach 7 Tagen 22 kg/qcm,
nach 28 Tagen 25 kg/qcm.

Es ist somit eine Annäherung an die englischen Normen versucht worden.
Warschau. Antoni Eiger.

Eine vergleichende Untersuchung der Portlandzementindustrie in den Vereinigten Staaten von Amerika, Kanada und Gross-Britannien.—III.

von HAL GUTTERIDGE.

Rohmaterialien.

Vereinigte Staaten.—Kalkstein ist das wichtigste verwandte kalkhaltige Material für die Herstellung von Portlandzement in den Vereinigten Staaten. Geologisch rangieren die Kalksteine über sämtliche Arten von den Precambrischen über die Cainozoischen bis zu den tertiären einschliesslich. Geographisch kommen praktisch Kalksteine in fast jedem Staate vor. An den meisten Stellen befinden sich die Kalksteine an oder dicht unter der Oberfläche, doch sind sie in einzelnen Fällen überlagert durch eine solche Mächtigkeit von anderem Material, dass wie z.B. in Westpennsylvanien erforderlich ist, Bergbaumethoden anzuwenden sind. Physikalisch rangieren die Kalksteine von hartem Marmor über die verhältnismässig weichen, als „Zementstein“ bekannten tonerdehaltigen Kalksteine und Kreiden bis zu den Mergeln. Es ist üblich, Kreiden und Mergel gesondert zu behandeln und das Wort Kalkstein auf Gestein zu beschränken, das Brechen erfordert. Chemisch variieren die Kalksteine vom reinsten Kalkstein mit einem Gehalt an Kalziumkarbonat bis zu 98% bis zu den tonerdehaltigen Kalksteinen mit einem niedrigen Gehalt an Kalziumkarbonat. Diese letzteren umfassen auch den „Zementstein,“ der etwa 50-85% Kalziumkarbonat enthält.

Die weite geologische und geographische Verbreitung der harten reinen Kalksteine macht es in dieser Abhandlung unmöglich, eine Zusammenfassung zu bringen, und diese Bemerkung trifft auch auf ihre physikalischen und chemischen Charakteristika zu. Die tonerdehaltigen Kalksteine kommen indessen nicht derartig reichhaltig vor; die verwendeten werden im Lehigh-Distrikt von Pennsylvanien gefunden. Diese Lagerstätte erstreckt sich nach New-Jersey, Colorado, Indiana and Utah.

Kreiden mit einem hohen Gehalt an Kalziumkarbonat und mit wechselndem Gehalt an Tonerdesubstanz werden in Arkansas, Nebraska und Texas verarbeitet, wobei der letztgenannte Staat ein gutes Beispiel für tonerdehaltige Kreide liefert, das nach seinem physikalischen Charakter von weicher Erde bis zu festem Material schwankt, und das etwa 75% Kalziumkarbonat enthält. Die verwendeten Mergel finden sich in den Vereinigten Staaten in Indiana, Michigan und Utah, während Muschelkalk und Muschelmergel in Virginia und Texas verarbeitet werden. Hinsichtlich der künstlichen Rohstoffe wird Hochofenschlacke im Staate New-York luftgekühlt verwendet und in Michigan, Indiana sowie Minnesota in granulierter Form. Weitere Ezelheiten über die Verteilung und Beschreibung der in den Vereinigten Staaten verwendeten Rohmaterialien finden sich in „Rock Products Directory“ 1929/1930.

Tonerdehaltiger Kalkstein oder „Zementstein“ kommt hauptsächlich im Lehigh-Distrikt (Pennsylvanien) und in der Landschaft Warren (New Jersey) vor. Er findet sich in einem engen Bett von 80 km Länge und nicht mehr als 6,5 km Breite an seiner weitesten Stelle von Reading (Pennsylvanien) bis Stewartsville (New Jersey). Der „Zementstein“ ist geologisch ein Trenton-Kalkstein der unteren silurischen Periode und schwankt in seiner Mächtigkeit

von 45,7 bis 76,2 oder mehr Metern. Die oberen Lagen im Kontakt mit dem darüber liegenden Hudsonschieferton enthalten etwa 50-60% Kalziumkarbonat und 40-50% Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd usw. Der Prozengehalt an Kalk wächst im allgemeinen, und der der Tonerdesubstanz nimmt ab, je tiefer die Lage in der Formation ist, bis an der Basis der Formation dieser 80-85% Kalziumkarbonat enthält. Aus diesen unteren Lagen wird der hochprozentige Kalkstein gelegentlich entnommen, der notwendig ist, um mit dem „Zementstein“ gemischt zu werden. Die Zusammensetzung des „Zementsteins“ verschiedener Proben aus verschiedenen Steinbrüchen schwankt stark, und selbst im gleichen Steinbruch treten markante Unterschiede auf.

Das Aussehen und der physikalische Charakter des „Zementsteins“ schwankt mit dem Wechsel in der chemischen Zusammensetzung des Gesteins. Er verliert allmählich seinen schiefrigen Bruch und seinen dunklen Farbton mit dem Wachsen des Kalkgehalts, bis er auf dem Grunde der Formation ein gewöhnlicher dunkelgrauer Kalkstein ist. Er ist erheblich weicher als der allgemeine mit Ton verwendete Kalkstein, und daher ist er leichter zu brechen und zu mahlen. Der unter dem „Zementstein“ liegende Kittatinny-Kalkstein ist mit Ausnahme einiger Ablagerungen von niedrigerem Magnesiagehalt zu hoch im Magnesiagehalt, um als Material für Zement verwendet zu werden. Der „Zementstein“ ist in seiner ganzen Mächtigkeit hoch magnesiahaltig. Wenige Analysen weisen weniger als 4% auf, und er enthält bis zu 6% Magnesiumkarbonat. Bei den schwankenden Prozentgehalten an Kalk im „Zementstein“ erfordert die korrekt Mischung besondere Sorgfalt. Der „Zementstein“ kann zusätzlich reinen Kalkstein oder Tonerdesubstanz nötig machen, um ihn auf die richtige Mischung zu bringen. Oder aber das gewünschte Resultat kann erhalten werden durch Kombination von hochkalkhaltigem Kalkstein in einem Teile des Steinbruchs mit niedrigkalkhaltigem von einem andren Teile. Der „Zementstein“ rangiert von einer reinen Kalksteinanalyse bis zu einem Gestein, das so viel tonerdehaltige Substanz enthält, dass fast reiner Kalkstein zugesetzt werden muss, um ihn auf die richtige Mischung für Portlandzement zu bringen.

Kanada.—Als Hauptrohstoffe werden in Kanada nur harte Kalksteine und „Zementstein“ verwendet. Geologisch gehören die Kalksteine ausschliesslich des „Zementsteins“ zu folgenden Perioden: Unterer Jura und oberer Trias in Britisch-Kolumbien, Karbon in Alberta, Devon in Manitoba, unterer Ordovizian und mittlerer Devon in Ontario. „Zementstein“ aus der Ordovizian (Trenton)-Periode wird in Ontario und Quebec benutzt. Mit den Alberta-Kalksteinen werden Schiefertone verarbeitet, und bei den Kalksteinen in den andren Provinzen ist Ton das tonerdehaltige Material. Im Falle des „Zementsteins“, der mit Schieferton untersetzt ist, ist es im allgemeinen nötig, einen kleinen Teil Ton zu verwenden.

Es ist interessant den Trenton-, „Zementstein“ des Lehigh Tales mit dem von Quebec und Ontario zu vergleichen. Der erstere entstammt der unteren Silurperiode, während der letztere der Ordovizian-Periode zugeschrieben wird. Der kanadische „Zementstein“ kommt in dünnen Lagen vor, die durch Schiefertonablagerungen getrennt sind und in dieser Beziehung der Lias-Formation in Gross-Gritannien ähneln. Die verwendeten Kalksteine sind in ganz Kanada verteilt. Andrseits wird „Zementstein“ nur in den östlichen Provinzen benutzt. Einzelheiten über die kanadischen Rohmaterialien kann man vom „Department of Mines“ in Ottawa erhalten.

Gross-Britannien.—Die in Gross-Britannien verwendeten Rohmaterialien sind Kreide, Kalkstein einschliesslich des Lias-Kalksteins, Mergel, Schieferton und Ton. Es wird kein physikalisch mit dem „Zementstein“ zu vergleichendes

Gestein verwendet, doch liefern chemisch die Lias-Formation und die Mergel zusammen kalk- und tonerdehaltige Materialien mit dem physikalischen Unterschiede, dass sie weich sind. Künstliche Materialien wie Hochofenschlacke und Alkaliabfälle werden in Gross-Britannien wenig verwendet, obwohl von Zeit zu Zeit Versuche in dieser Richtung angestellt worden sind.

Kreide kommt in grossen und ausgedehnten Lagern im Osten, Süden und Südosten Gross-Britanniens vor. Es besteht ein ununterbrochenes Kreidelager von Norfolk, das sich in südwestlicher Richtung nach Dorset erstreckt und sich in östlicher Richtung bis zur Strasse von Dover fortsetzt. Längs der Themse und des Medway liegen viele der grössten Zementfabriken, die Kreide als kalkhaltiges Rohmaterial verwenden. In vielen Teilen des gleichen Geländes werden Mergel gefunden, besonders am Medwayfluss, in Cambridgeshire und in Westengland.

Oligozen- und Eozen-Kalksteine werden in einem Bett gefunden, das auch in südwestlicher Richtung aus dem Norden von Essex nach Berkshire verläuft. Ordovizian-Kalkstein kommt im allgemeinen in Wales, Nordengland, Südschottland und Irland vor. Silurischer Kalkstein kommt in Nordwales, Südschottland und Nordostirland vor. Karbon-Kalkstein bedeckt das ganze Innere Irlands und wird in Nordengland sowie Südschottland gefunden.

Die Lias-Formation der Jura-Periode findet sich in einem schmalen Streifen, der sich auch südwestlich aus dem Nordwesten von Lincolnshire nach Dorset erstreckt. Sie kommt auch in einem kleinen Revier von North Riding (Yorkshire) und im Süden von Glamorgan (Wales) vor. Im Westen Englands gibt es auch noch ein als „Sumpfstein“ bekanntes Gestein, das in Wasser weich wird und zu einem tonartigen Material auseinanderbricht und Kalksteinkörner enthält. Die Zusammensetzung ist ähnlich dem Schieferton der Lias-Formation, enthält aber oft mehr Kalziumkarbonat.

Die weissen und grauen Kreiden sind ausreichend einheitlich, um sie leicht bearbeitbar zu machen bei kleinem Zusatz von Wasser. Die weisse Kreide enthält allgemein 20-25% Wasser, mit welcher Menge sie zu einer Paste verdichtet werden kann; also kann sie bei geringem Wasserzusatz zu Schlamm reduziert werden.

Das Wort „Mergel“ wird im allgemeinen auf ein Material angewendet, das eine weiche natürliche Mischung von sowohl kalkhaltigem wie tonerdehaltigem Stoff darstellt. In Cambridgeshire findet sich der Mergel auf der Basis der lokalen Kreide, und er schwankt nach seiner Zusammensetzung zwischen 72 und 77% Kalziumkarbonat, 14 und 18% Kieselsäure, 5 und 7% Eisenoxyd-Tonerde, 0,4 und 1% Magnesia.

Die chemische Zusammensetzung des Tons schwankt bedeutend. Die Tone am Medwayfluss schwanken zwischen 55 und 63% Kieselsäure, 7 und 23% Eisenoxyd-Tonerde, 0 und 2% Kalk (CaO), 0,2 und 2,5% Magnesia. Dieser und der an der Themse gefundene Ton ist Alluvialton. Ton ist allgemein niedriger im Gehalt an Kieselsäure und beträchtlich höher im Kalkgehalt als der Medway-Ton bei etwa gleichem Prozentgehalt an Magnesia.

Geologische Vergleiche.—Allgemein gesprochen sind in den drei betrachteten Ländern die meisten geologischen Perioden vertreten, doch existieren gewisse zur Herstellung von Portlandzement verwendete Rohmaterialien in einem oder mehreren dieser Länder, die in den anderen nicht verwendet werden. Das wichtigste dieser ist der Trenton-Kalkstein („Zementstein“), der sowohl in den Vereinigten Staaten wie Kanada aber nicht in Gross-Britannien ausgedehnt verwendet wird. Die Lias-Formation der Jura-Periode wird in England verarbeitet aber offenbar nicht in den Vereinigten Staaten oder Kanada, doch

findet sich in dem letzteren Lande in Vancouver eine Formation, die man für untere Jura-Periode hält, die aber physikalisch verschiedenen Charakter von der Lias-Formation in Gross-Britannien besitzt.

Physikalische Vergleiche.—Allgemein gesprochen ist die Mehrheit der kalkhaltigen in den Vereinigten Staaten verwendeten Materialien einschliesslich des tonerdehaltigen Kalksteins („Zementstein“) hart, so dass Brechen und Mahlen erforderlich ist, um sie für den Brand in den Oefen aufzubereiten. In Kanada sind sämtliche kalkhaltigen Materialien harte, und sie fallen daher in die gleiche Kategorie. In Gross-Britannien anderseits sind die meisten Materialien weiche und brauchen nur durch Behandlung in Waschmühlen zerkleinert werden.

Der „Zementstein“ der Vereinigten Staaten und Kanadas erfordert, trotzdem er viel weicher als die meisten Kalksteine ist, Brechen und Mahlen, obwohl die für diese Aufbereitung verbrauchte Kraft beträchtlich niedriger ist als im Falle der härteren Kalksteine. Auch der Steinbruchabbau der harten Materialien in den Vereinigten Staaten und Kanada erfordert Bohren und Sprengen als Vorarbeit vor der Sammlung mit mechanischen Baggern, wogegen in Gross-Britannien die weiche Kreide und der Mergel in fast jedem Falle direkt durch mechanische Bagger von der Oberfläche abgebaut werden können. In Einzelfällen in Gross-Britannien, bei denen eine sehr grosse Bruchfläche abgebaut wird, ist es eine Wirtschaftsfrage, ob man die ganze Front durch Sprengen abbauen will; da indessen die Materialien lose in ihrem natürlichen Zustande zusammenhalten, wird nur wenig Kraft verbraucht, um einen grossen Zusammensturz zu bewirken.

Beim Bewegen der Materialien im Steinbruch nach den Werken passen sich weiche Materialien leichter als harte den jeweilig wirtschaftlichen Methoden des Transports in Form von Schlamm in Rohrleitungen an im Gegensatz zum Transport des Materials aus dem Bruch durch Loren. Diese Verfahren ist besonders dort anwendbar, wo die Steinbrüche sich einigermassen fern vom Werk befinden und wo es unbequem ist, das Material über die Oberfläche zu transportieren.

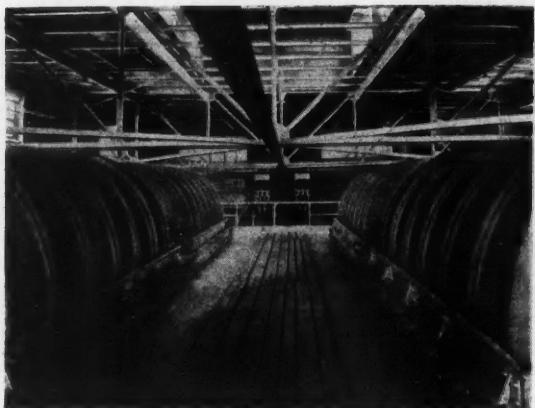
Bei harten Materialien ist dieses andere Verfahren auch möglich, aber die Notwendigkeit im Bruch Brech-, Mahl- und Pumpenanlage zu besitzen anstelle von lediglich Waschmühlen und Pumpen wie bei weichen Materialien macht die im Bruch erforderliche zusätzliche Anlage nicht zu einer wirtschaftlichen Alternative, wenn dieses Verfahren für harte Materialien angewendet wird. Diese Methode kann nicht in Verbindung mit einer Trockenfabrik angewendet werden, da die Lieferung der notwenigen grossen Wärmemenge im Steinbruch zum Trocknen der Materialien die Methode beim Vergleich zu teuer macht.

Chemische Vergleiche.—Wegen der grossen Verschiedenheit der Rohmaterien in jedem der drei Länder vom reinen Kalkstein bis zur Tonerdesubstanz schwankt die chemische Zusammensetzung der Rohstoffe in unbegrenztem Umfange.

(Fortsetzung folgt.)

Notiz.

Sämtliche in CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE veröffentlichten Beiträge sind, gleich in welcher Sprache sie erscheinen, durch „Copyright“ geschützt und dürfen weder in anderen Zeitschriften noch in der Form von Katalogen ohne Erlaubnis des Eigentümers Concrete Publications, Ltd., Dartmouth Street, 20, Westminster, London (England) nachgedruckt werden.



La filtracion de la pasta es el perfeccionamiento economico

**... de la fabrica
de cemento que
trabaja por vía
húmeda.**

Solo hace pocos años que se instalaron los primeros filtros de pasta Oliver; la difusión del procedimiento de la filtración de la pasta, ha sido muy notable tanto mas si se tiene en cuenta la novedad de la idea.

Actualmente hay diez y nueve fábricas en los Estados Unidos que usan filtros de pasta Oliver United. Comprenden tales instalaciones cuarenta y nueve hornos. Además en África del Sur hay otra fábrica que trabaja con dichos filtros y en Francia hay una empresa que acaba de encargarlos.

Es una prueba cada vez mas convincente de que la filtración de la pasta constituye un progreso seguro en sentido de reducir el precio de coste.

El consumo de combustible por tonelada, la capacidad productiva del horno, la buena marcha de éste, los límites de la molturación, las condiciones del tiro, las instalaciones de recuperación de calor . . . todo queda mejorado. Y mejorando todo, el precio de coste no tiene mas remedio que bajar.

Para mas detalles, dirigirse a nuestra agencia o representante mas próximo.

OLIVER UNITED FILTERS, Inc.

SAN FRANCISCO :
Federal Reserve
Bank Bldg.

NEW YORK :
33 West 42nd St.

CHICAGO :
565, Washington Blvd.

Factorías :
Oakland, Calif., Hazelton, Penna. (Estados Unidos).
Peterborough (Inglaterra).
Cablegramas : OLIUNIFILT.

LONDRES, W.C.1.
150 Southampton Row.

PARIS :
T. L. Genter,
Concessionnaire,
63, Ave. des
Champs Elysées.

AGENTES :
TIMMINS (ONTARIO) : TOKYO (JAPÓN) :
B. D. Kelly. American Trading Co.
Inc.

HALLE (ALEMANIA) : MELBOURNE (AUSTRALIA) :
Wilhelm Lill. Fyvie & Stewart.

SCHEVENINGEN (HOLANDA) : HONOLULÚ (HAWAII) :
y SURABAYA (JAVA) : W. A. Ramsay Co.

RECOFE (BRAZIL) : MANILA :
Ayres & Son. The Edward J. Nell Co.

JOHANNESBURG : ESTOCOLMO (SUECIA) :
E. L. Bateman. T. An Tesch.

C E M E N T
AND
CEMENT MANUFACTURE
EL CEMENTO Y SU FABRICACIÓN.

SECCIÓN ESPAÑOLA

PUBLICADA POR CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.
Se publica el 20 de cada mes. Precio, 2 shillings el ejemplar.
Subscripción anual, 24 shillings, franqueo comprendido.

La cal libre en el cemento.

La Building Research Station ha publicado un método* para determinar la cal hidratada libre en el cemento fraguado. Aunque es un descubrimiento de alguna importancia, se trata solo, probablemente, del comienzo de una investigación que puede conducir al hallazgo de los medios para apreciar la rapidez de hidratación de los compuestos integrantes del cemento y el grado en que el cemento se ha hidratado. Esto podría ayudar eficazmente a cuantos tienen que estudiar quejas sobre el cemento y que con frecuencia se encuentran imposibilitados de descubrir la verdadera causa por la cual determinados hormigones no llegan a endurecerse. El método en cuestión consiste en calentar dos muestras de cemento fraguado hasta 350° C. y 550° C. respectivamente, para determinar luego el calor desarrollado por ambas muestras al ser *apagadas* en agua. La diferencia entre ambos resultados es la medida de la cantidad de cal hidratada existente en el cemento. Las bases en que se funda este procedimiento consisten en el hecho de haber comprobado la Building Research Station que cuando el cemento fraguado se calienta a 350° C. pierde toda el agua que contiene salvo la que se halla combinada en forma de hidróxido cálcico; y que este compuesto se deshidrata completamente entre los 350 y los 550° C. En consecuencia, al rehidratarse en un calorímetro la muestra que fué calentada hasta los 550° C. desprende el calor debido a la hidratación de la cal viva mas el producido por la hidratación de algunos de los compuestos integrantes del cemento; este último puede evaluarse dejando rehidratar la muestra calentada solo hasta los 350° C. Por sustracción podrá conocerse la cantidad de calor que debe atribuirse a la hidratación de la cal libre. El calor de combinación de la cal con el agua es conocido perfectamente por lo cual resulta fácil calcular la proporción de la cal libre. La técnica del procedimiento se describe con claridad en el mencionado folleto, dándose ademas algunos pequeños factores de corrección que se requieren. Tal vez se preguntará porqué no basta la determinación de la pérdida al fuego en las dos muestras calentadas a 350 y 550° C. ya que parece que su diferencia tendría que ser una indicación suficientemente precisa de la dosis de cal libre. El

* Building Research Technical Paper No. 9, Publicado por H.M. Stationery Office de Londres, precio 6 peniques.

folleto afirma que la magnitud de la pérdida al fuego corresponde a la dosis de hidróxido cálcico, pero no dá explicación alguna de la aparente necesidad de aplicar el delicado procedimiento de la medición del calor desprendido prescindiendo en cambio de los resultados obtenidos con las pérdidas al fuego. De paso podemos hacer notar que no hay inconveniente en extender hasta las temperaturas inferiores a los 350° C. y superiores a 550° C. el procedimiento de hacer deducciones del estudio de la curva que relaciona las temperaturas con las pérdidas al fuego del cemento fraguado, y que con ello pueden ponerse de manifiesto las proporciones de los principales componentes del cemento que han sido hidrolizados.

Durante muchos años se ha venido buscando un método seguro para la determinación de la cal libre en el cemento antes de fraguar, con el fin de establecer un ensayo definitivo con el cual poder reemplazar o complementar los ensayos a la ebullición que tienen tan solo una base empírica. Los investigadores de la American Portland Cement Association han publicado detalles de un procedimiento[†] que aunque admiten no puede ser considerado como de una precisión absoluta, el error que puede existir cuando la dosis de cal libre de que se trata es del orden de un 2%, oscila entre mas y menos 0,3%. El método consiste en disolver la cal libre existente en el cemento en un disolvente caliente de glicerina y alcohol valorando luego con solución alcohólica valorada de acetato amónico. El tiempo requerido para la determinación varía entre tres y ocho horas por lo cual no hay motivo para que tal método no sea adoptado en la práctica diaria de las fábricas de cemento. Por regla general el método no es aplicable mas que a los clinkers sin moler porque casi todos los cementos comerciales contienen algo de cal libre formada por una hidratación parcial del cemento a causa de la absorción de agua procedente del yeso y de otros orígenes, siendo imposible distinguir con el método descrito, entre esta cal hidratada y la cal libre debida a una fabricación deficiente del cemento. Parece por lo tanto que están aun por descubrir los procedimientos químicos de medición de la inestabilidad de volumen del cemento.

[†] Portland Cement Association Fellowship Paper No. 23. U.S. Bureau of Standards, Washington, EE.UU. de Norteamérica.

Anuncios.

TODAS las propuestas de anuncios en "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" Internacional, deben dirigirse a "Concrete Publications, Limited," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Inglaterra.

Todos los textos de anuncios deben estar en nuestro poder a más tardar el dia 25 del mes que preceda a su publicación. Si en aquella fecha no se ha recibido nuevo texto, los editores se reservan el derecho de repetir el texto del anuncio anterior.

En caso de que los anuncios se hayan de publicar en más de un idioma, el anunciante debe suministrar las traducciones. Si desea, los editores se encargan de dicha traducción, pero solamente en la inteligencia de que no aceptan ninguna responsabilidad acerca de su exactitud.

¿Hornos verticales u hornos rotatorios?

Por RUDOLF ZOLLINGER (Hannover).

MUCHO se ha escrito ya acerca de si es preferible uno u otro sistema. Desgraciadamente, quienes precisamente se hallan mejor documentados para dar su opinión, que son los fabricantes de cemento, suelen reservársela, y dejan el campo de la polémica a los constructores de maquinaria. Debe inferirse de ésto, desde luego, que no existe una superioridad absoluta de uno de los sistemas sobre el otro; más bien puede decirse que cada sistema, en determinadas circunstancias, posee sus ventajas. Todo aquel que ha trabajado prácticamente con ambos sistemas, no concibe que pueda existir esa lucha que, por desgracia, ha dado ya lugar a muchos errores. Si se repasa lo escrito sobre esas materias, se encontrarán críticas condenatorias o llenas de alabanzas sobre ambos sistemas, según que el que escribe sea constructor de hornos rotatorios o de hornos verticales.

A continuación se tratará, por el contrario, de hacer justicia a ambos sistemas, debiendo de antemano hacer presente que el autor ha trabajado prácticamente con ambos sistemas, y que no le coacciona prejuicio alguno sobre el particular.

Cuando las circunstancias locales indican que es igualmente posible el empleo de cualquiera de los dos sistemas, el técnico que deba decirlo aconsejará los hornos verticales, siempre que se trate de producciones inferiores a 100 t. diarias, pues para tales producciones, los hornos verticales dan mejor rendimiento. Al aumentar la producción, el cuadro se va modificando lentamente, pero de modo inevitable, en forma que, para producciones de tipo medio, ambos sistemas pueden llegar a dar iguales rendimientos. En cambio, para los casos de producciones grandes o extraordinarias, el horno rotatorio es absolutamente preferible. Esta superioridad económica para las grandes capacidades productivas la reconocen, incluso, casi todos los técnicos especialistas en hornos verticales. Para saber, en cada caso, dónde se halla el verdadero límite en que empieza la ventaja de cada sistema, hay que recurrir a un cálculo técnico; depende de diversos factores. Según el cuidado que se ponga en la elección del tipo de carbón y en la conducción del fuego en el horno, y según el mayor o menor aprovechamiento del calor residual, sea para producción de energía, sea para la desecación, el rendimiento del horno rotatorio puede, naturalmente, aumentar o disminuir. De paso es necesario, absolutamente, decir que el horno rotatorio, en materia de consumo de combustible, resulta todavía exagerado, y en ésto estriba, precisamente, su principal punto débil. Huelga entrar en más detalles, ya que todo técnico sabe que, recentísimamente, el horno Lepol ha abierto nuevas perspectivas al progreso del horno rotatorio, justificando las más risueñas esperanzas. Indudablemente, el horno Lepol no es todavía el ideal, pero tiene que concedérsele el valor de un renovador de los que hacen época. El progreso no ha dicho aún su última palabra, por lo cual nos limitaremos a tratar de lo que existe real y positivamente en la actualidad. Además, por mucho que progrese el horno rotatorio, en los casos de producción muy pequeña quedará siempre en condiciones de inferioridad, aún reconociendo que los límites del rendimiento más ventajoso de ambos sistemas podrán desplazarse algo en sentido favorable al horno rotatorio.

Por lo que se refiere a la calidad del producto cocido, hay que decir que, hasta no hace mucho tiempo, el clinker de horno vertical resultaba inferior al de horno rotatorio, ya que en los hornos verticales se producía siempre una mayor o menor proporción de incocidos. El perfeccionamiento del horno vertical, que lo ha convertido en un horno de alto rendimiento, lo ha mejorado

mucho en aquel sentido, pero hasta la fecha presente resulta aún dudosa la posibilidad de cocer en el horno vertical un producto tan homogéneo que sea perfectamente equivalente al del horno rotatorio. El clinker fabricado en un horno rotatorio por el método de barro espeso probablemente no ha sido superado aún por ningún clinker de horno vertical, por bien cocido que esté. Resulta difícil decir si con el tiempo hay posibilidad de que se llegue a una igualación de calidad; no obstante, lo considero dudoso.

Esto no quiere decir, en manera alguna, que el clinker de horno vertical sea de mala calidad. Al contrario, es perfectamente posible cocer en el horno vertical muy buen cemento, si bien su calidad no llega a alcanzar la del clinker de horno rotatorio. La causa de ello estriba en el sistema. En el horno vertical, la cocción es siempre, en mayor o menor grado, un trabajo a ciegas. El resultado se ve tan sólo cuando, transcurridas algunas horas, es ya tarde para remediarlo. Ésta es la enorme ventaja del horno rotatorio: se tiene constantemente a la vista el producto que se está cociendo, y mediante modificaciones en la alimentación del carbón, en la velocidad del horno, del aire o de la naturaleza de la llama, se está siempre en condiciones de cocer por separado cada fracción del material, circunstancia que adquiere importancia enorme cuando se trata de cocer primeras materias cuya composición se halla sujetada a fuertes fluctuaciones. Caso de disponerse de materiales muy homogéneos, tal ventaja pierde importancia, si bien sigue siendo una de las principales ventajas del horno rotatorio. Por esta razón, hay que rechazar toda clase de enfriadores directamente unidos al horno, cuando se hallan en directa prolongación del mismo, ya que la inevitable formación de polvo, y la mayor distancia a que se halla el calcinador del material que se cuece, dificultan y entorpecen la visibilidad de éste, y se neutraliza, en parte, la gran ventaja de la cocción individual o por separado.

Además, el horno rotatorio tiene importancia en aquellos casos en que las temperaturas de clinkerización y de fusión se hallan muy próximas. Los crudos de esa clase pueden aún cocerse bien el horno rotatorio, mientras que en el horno vertical resulta difícil, y no es raro que, al cabo de poco tiempo, quede obstruido y haya que pararlo.

Si bien esa independencia de la cocción en el horno rotatorio representa una gran ventaja, esta misma cualidad resulta, sin embargo, en algunos casos, un inconveniente, por el peligro de que el horno, en manos de un calcinador poco experto, pueda dar lugar a serias perturbaciones. Como consecuencia de excesivas modificaciones de regulación, y sobre todo, de una regulación desacertada, se producen anillos de pasta y anillos de clinker. El calcinador que conduce un horno rotatorio tiene que trabajar con mayor discernimiento que su colega, al conducir un horno vertical, que es mucho más fácil de llevar, dando por resultado que el crudo que tenga que cocer sea de naturaleza adecuada a su horno. En caso contrario, tiene que ser un verdadero artista para poder conseguir resultados aprovechables.

En todos aquellos casos en que se dispone de petróleo crudo más barato que el carbón, no hay que decir que la elección debe inclinarse en favor del horno rotatorio; así como en los casos en que haya que luchar con precios altos del carbón, apenas hay posibilidad de pensar en el horno rotatorio, por su gran derroche de carbón, como no aconsejen su adopción motivos especiales.

Resulta de todo ésto que la cuestión de elegir hornos rotatorios u hornos verticales no puede ser resuelta a capricho, y la empresa que se halla en caso de tenerlo que hacer, obrará prudentemente teniendo muy en cuenta todas las circunstancias y puntos que puedan entrar en línea de cuenta en cada caso, y a base de tales estudios, que nunca pecarán de excesivamente minuciosos, adoptar la solución que le resulte ser más conveniente. Son numerosos los

hornos, lo mismo rotatorios que verticales, que trabajan en condiciones equivocadas y que han sido origen de muchos disgustos, que habrían podido ser evitados.

A parte de los mencionados puntos de vista químicos y económicos, hay también circunstancias independientes, que pueden decidir la elección de uno u otro de los sistemas; tal sería, por ejemplo, la escasez de agua, que obligaría a excluir en absoluto el horno rotatorio, por lo menos para la cocción según el método de barro espeso, que fué precisamente el primero para el cual se ideó. Otro de los factores puede ser el problema de los transportes, y a propósito de él, hay que recordar que, para poder fabricar tan sólo 70 a 80 toneladas de cemento en un horno rotatorio, hay que transportar al emplazamiento de la fábrica unas 1000 toneladas de maquinaria, con piezas que pesan hasta 30 toneladas. Esto puede dar lugar a grandes dificultades y gastos enormes de transporte, cuando se trata de países en que no se dispone de los modernos elementos de tráfico. Es evidente que, en tal caso, las dificultades de transporte inclinarán a elegir maquinaria que se pueda llevar en piezas pequeñas. Entonces será recomendable montar hornos verticales, evitando así el transporte de las poco manejables secciones de los hornos rotatorios, etc. Por otra parte, en los países tropicales y tórridos, no es recomendable generalmente instalar hornos verticales, si se quiere evitar que las lluvias torrenciales de la estación lluviosa hagan indispensable el secado. Poco recomendable sería una instalación de tan bajo rendimiento; tampoco se ganaría nada con la instalación de maquinaria auxiliar, que dejase sin funcionar los secadores en la estación seca; antes al contrario, tal instalación únicamente serviría para aumentar el coste de fabricación. En tal caso, conviene adoptar el método de barro espeso.

Podemos, pues, decir, como consecuencia final: ambos sistemas tienen sus ventajas, y cada uno de ellos es indispensable en su caso correspondiente. Incumbe al técnico conciencioso el hallar, y decidir, cuál sea la solución más adecuada en cada caso particular.

Importaciones de cemento en el Brasil.

Las siguientes cifras son las cifras oficiales de las importaciones de cemento en el Brasil en los años 1928 y 1929. Dichas importaciones van especificadas por países de procedencia, se expresan en toneladas y además en tantos por ciento del total.

1928.—De Alemania, 103.961 toneladas (22,79%); de Bélgica, 85.010 toneladas (18,63%); de Dinamarca, 101.725 toneladas (22,30%); de los Estados Unidos, 3.999 (0,87%); de Francia, 10.302 toneladas (2,26%); de Inglaterra, 60.837 toneladas (13,33%); de Holanda, 2.656 toneladas (0,58%); de Italia, 6.365 toneladas (1,4%); de Noruega, 5.706 toneladas (1,2%); del Canadá, 850 toneladas (0,18%); de Suiza, 52.237 (11,45%); del Uruguay, 462 toneladas (0,11%); de Polonia, 22.025 toneladas (4,83%); de otros países, 71 toneladas. (En total, 456.206 toneladas.)

1929.—De Alemania, 121.575 toneladas (22,71%); de Bélgica, 125.024 toneladas (23,35%); de Dinamarca 111.860 toneladas (20,89%); de los Estados Unidos, 3.897 toneladas (0,73%); de Francia, 12.866 (2,40%); de Inglaterra, 64.927 toneladas (12,13%); de Holanda, 2.285 toneladas (0,42%); de Italia, 11.592 toneladas (2,16%); de Noruega, 11.761 toneladas (2,19%); del Canadá, 850 toneladas (0,16%); de Suiza, 56.725 toneladas (10,59%); del Uruguay, 343 (0,06%); de Polonia, 11.534 toneladas (2,15%). (En total, 535.239 toneladas.)

Química teórica y práctica del cemento.—V.

por el profesor Dr. HANS KÜHL.

La química de los cementos de alto valor.

Lo que he dejado expuesto en los cuatro capítulos precedentes sobre química del cemento Portland, y respecto a la fabricación y fraguado del mismo, sirve en cierto modo de base para formarnos una idea acerca de los métodos a seguir para lograr en nuestra industria los resultados más satisfactorios posibles. De ésto se sigue en seguida el problema de averiguar cuáles serán los requisitos de carácter técnico con que tendrá que cumplir en lo futuro un cemento modelo.

En todas épocas se ha evaluado la calidad de un cemento especialmente por los valores de sus resistencias, puesto que un buen endurecimiento es la condición más importante de las que exigimos a los cementos, y el endurecimiento encuentra su más adecuada expresión en las cifras de sus resistencias. El camino seguido en su progreso marca una evolución que se ha señalado en sus primeros tiempos por el ensayo de la resistencia a la tracción, que más tarde ha ido substituyéndose por el ensayo de la resistencia a la compresión. Esta evolución ha tenido diferente alcance según los países, habiéndose efectuado en grado mucho menor en los anglosajones (Inglaterra y Norteamérica), en los que las resistencias a la tracción desempeñan todavía un importante papel entre los ensayos del cemento.

La substitución de las resistencias a la tracción por las resistencias a la compresión ha sido debida al perfeccionamiento de los métodos de ensayo, y se adoptó al principio por la creencia de que la resistencia a la compresión podía medirse con más precisión que la resistencia a la tracción; más tarde, se adujo también como argumento el que, evidentemente, el cemento en las obras suele trabajar más a compresión que a tracción. Lo que no se previó fué que llegaría un día en que un mismo cemento resultaría diferente, según se juzgase por sus resistencias a la compresión o por sus resistencias a la tracción. Esta época ha llegado ya, y ahora tendré oportunidad de tratar de esta cuestión, desde un punto de vista algo diferente.

No obstante, antes de entrar en más detalles, necesito recordar, a propósito, que la resistencia no es la única cualidad que ensayamos en el cemento, sino que también el tiempo de fraguado y la estabilidad de volumen son propiedades que tienen que cumplir, y que tienen su importancia para juzgar de la calidad de un cemento. Para ser bueno un cemento Portland ha de fraguar lentamente y endurecerse deprisa. Se entiende por fraguado lento que su comienzo no tenga lugar antes de una o dos horas después del amasado. La técnica dispone de diversos medios para corregir y arreglar debidamente el tiempo de fraguado, y verdaderamente no resulta difícil fabricar cemento Portland que tenga un tiempo de fraguado adecuado.

Mucho más difícil de arreglar es la cuestión de la estabilidad de volumen. Según lo prescrito por las Normas de la mayor parte de los países, se considera que un cemento Portland es de volumen suficientemente estable cuando las galletas de 10 a 12 cm. de diámetro, preparadas sobre placas de vidrio e introducidas en el agua, se hallan todavía a los 28 días de inmersión con sus bordes bien cortados, de aristas vivas, y no han experimentado deformación ni agrietamiento.

Muchos son los países que han introducido, además, otras prescripciones

especiales, entre las cuales desempeña importante papel el ensayo a la ebullición, ya sea que se lleve a cabo sobre una galleta de cemento, según prescribe Michaelis, ya se emplee el aparato de agujas de Le Chatelier. En ningún país culto deja de considerarse como estable de volumen a un cemento que haya resistido satisfactoriamente la prueba de los 28 días en agua fría y la prueba a la ebullición, y que cumpla con las prescripciones relativas a la composición química, que fijan las dosis de magnesia y anhídrido carbónico que como máximo deben tolerarse.

A pesar de unas normas al parecer tan claras, y del hecho de que casi todos los cements que actualmente se encuentran en el mercado las cumplen, no debemos ocultar o disimular que, con todo, no existe un solo cemento que sea realmente de volumen inalterable en el sentido estricto de la palabra. Todas las obras hechas de cemento están sometidas a las leyes de la dilatación y de la contracción. Todo el que sabe que el cemento endurecido consiste en una masa geloide desecada considera como una ley natural inevitable que ésta establezca un estado de equilibrio entre su substancia y el vapor acusoso que existe en torno de ella. En la práctica de la construcción ya son de hecho tenidos en cuenta tales procesos, pues se considera como un proceder erróneo construir de una pieza grandes superficies de hormigón, sin juntas de dilatación, cuando se pavimentan calles o carreteras, por ejemplo. Tales superficies deben siempre y en todas partes acabar por agrietarse, ya que el cemento, con el tiempo, se contrae, disminuyendo de volumen.

Las fuerzas vivas que actúan en el mortero de cemento parecen ofrecer, sin embargo, múltiples facetas, y no concretarse a las de la expansión y contracción. En los últimos años, las investigaciones de Gensbaur, que ha estudiado a fondo estas materias, han conducido a puntos de vista más seguros sobre el particular. Gensbaur observó que se producía un notable retroceso en las resistencias cuando las probetas, previamente endurecidas al aire, se sumergían en agua. Gensbaur elaboró su nuevo procedimiento de conservación de las probetas, que llamó conservación Kl (del nombre de su país, Kladno), y que consiste en curar durante los primeros 28 días las probetas de tracción y de compresión por el método de conservación combinada (1 día en aire húmedo, 6 días en agua y 21 días de nuevo al aire), para luego mantenerlas otros 28 días en agua, ensayando finalmente sus resistencias. Gensbaur comprobó que eran en número extraordinario los casos en que, después de dicho tratamiento, la resistencia a los 56 días era mucho más reducida que a los 28 días. Creyó que tal retroceso de las resistencias, con la llamada conservación Kl, era debido a una expansión latente u oculta, o sea una expansión que no puede ponerse de manifiesto con los métodos ordinarios de ensayo de la inalterabilidad de volumen.

Evidentemente, dicha expansión latente dió origen a un estado de inquietud, y suscitó discusiones y opiniones contradictorias, pareciendo al principio que se encontraba una sencilla explicación para los fenómenos observados por Gensbaur. El Dr. Haegermann, del Laboratorio de la Asociación de Fabricantes Alemanes de Cemento Portland, pudo indicar que no son sólo las probetas de cemento fraguado las que experimentan retrocesos en sus resistencias, sino que también adolecen del mismo defecto la mayor parte de las piedras naturales, pues pierden resistencia siempre que después de una desecación previa al aire se las introduce en el agua. Aún piedras sumamente compactas, como la caliza y el granito, manifiestan tales pérdidas de resistencia.

He estudiado bastante a fondo esta cuestión, ensayando 25 cements Portland bajo muy diferentes condiciones, en el agua y en el aire. En la fig. 19 dejo indicado el curso típico de la curva de las resistencias de un cemento, a

base de conservación Kl. Se ven en la figura dos grupos de curvas para la tracción y para la compresión, obtenidas poniendo como ordenadas las resistencias y como abscisas los tiempos de conservación. Estos últimos no figurán por sus propios valores, sino por los de sus logaritmos, para lograr un mejor aprovechamiento del sitio en que se hallan trazadas las curvas. Se ve entonces que las resistencias crecen, tanto para la tracción como para la compresión, hasta los 28 días; luego, al introducir de nuevo las probetas en agua, se produce una disminución de resistencia, que alcanza pronto un mínimo, para volver en seguida a subir de tal modo, que después de 28 días (en total, pues, 56 días) se ha recuperado parte de lo perdido. Si Gensbaur, en lugar de hacer el ensayo a 56 días lo hubiese hecho antes, por ejemplo, a los 32 días, habría observado retrocesos todavía más fuertes de las resistencias.

A semejanza de la conservación especial de Gensbaur, he empleado yo también una conservación alternada en mis ensayos, sometiendo las probetas a cambios

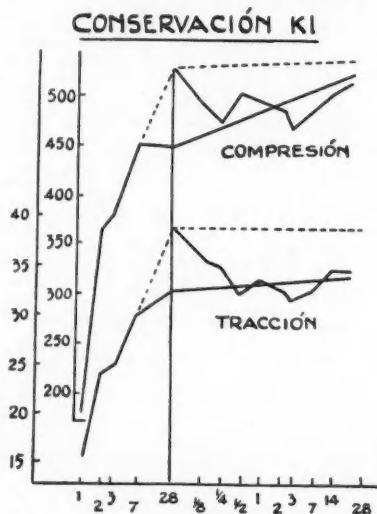


Fig. 19.

periódicos de conservación, y pasándolas, por ejemplo, cada 3 días, o cada 7 días, del aire al agua, y viceversa. En la fig. 20 se ve la típica marcha de las curvas, a base de tal clase de conservación, viéndose también manifiestamente que, durante la conservación al aire, se produce un crecimiento bastante regular de las resistencias, y durante la inmersión en al agua, un descenso también bastante regular de las mismas. Esta regularidad en el trazado de las curvas puede atribuirse a causas puramente físicas. Es excepcional, sin embargo, que un cemento dé una curva perfectamente regular. En la mayor parte de los cementos se producen fuertes irregularidades en la marcha de las resistencias, existiendo casos en que se llega a invertir el curso normal, de manera que, en lugar de producirse un descenso de resistencias al introducir las probetas en agua, lo que se produce es un aumento. En todos los casos en que tiene lugar esa anomalía hay que buscar la causa en el orden químico, como lo hace Gensbaur, y entonces cabe pensar en las tensiones internas de

la estructura del cemento; realmente, carece de verdadera importancia el nombre que en realidad se dé a las mencionadas fuerzas. Claro está que nosotros tenemos que pensar en un cemento de alta calidad, que sirva de modelo a los futuros progresos de la industria, y perseguir como ideal la desaparición de tales tensiones, para que, aún en las condiciones de una conservación alternada en agua y aire, se logre en cierto modo un endurecimiento normal.

He tratado aquí, de un modo tal vez demasiado minucioso, de los retrocesos de resistencias con la conservación alternada, por parecer como si existiese una relación de dependencia entre las anomalías en el endurecimiento alternado y las relaciones anormales de valor de tracción y compresión de las probetas de mortero; de ello se deduciría que los cementos que tales irregularidades presentan se encuentran en una zona muy próxima a la zona de expansión, que llega a rozarla, incluso, en determinadas circunstancias. Llego con ésto al orden de ideas referente a la apreciación del valor de los cementos, que desde hace muchos años me ocupa, y que no puedo pasar por alto, si he de pararme a disertar acerca del progreso ulterior de los cementos. Será conveniente dar aquí unas pocas explicaciones acerca de las condiciones en que un cemento es expansivo, y a propósito de los procesos químicos que conducen a la expansión.

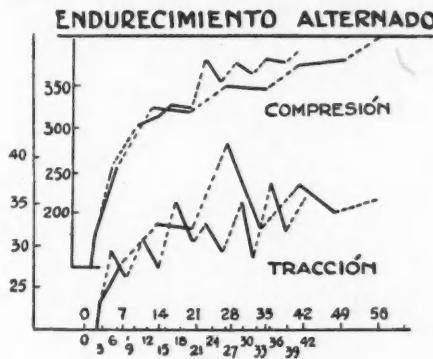


Fig. 20.

La expansión decidida de los morteros de cemento se manifiesta, como es sabido, por el agrietamiento de las masas de mortero endurecidas, que se entumecen o hinchan, y acaban por disgregarse. Los antiguos técnicos del cemento, ante este cuadro de fenómenos, se figuraron que había que atribuir la expansión al aumento de volumen producido al hidratarse la cal libre, creyendo que era, por lo tanto, un proceso poco diferente del observado al apagar la cal blanca, que presenta también (por lo menos cuando se apaga en seco) una fuerte hinchazón de su masa, simultáneamente con tal proceso de hidratación. No causó pequeña admiración entre los técnicos del cemento el sencillo experimento que en 1910 me permitió demostrar que la expansión del cemento no se produce precisamente con aumento de volumen, sino, como todos los fenómenos del endurecimiento, con disminución de volumen. Tomando, por ejemplo, una botella, y poniendo en ella cosa de una tercera parte de su cabida de pasta de cemento, preparada a una consistencia siruposa, con un cemento reconocidamente expansivo, y acabándola luego de llenar con agua, con cuidado para no remover las pastas, dejando luego la botella en reposo, se observa lo siguiente: a medida que el cemento va fraguando y

endureciéndose, en la parte inferior de la botella se produce una contracción, que se manifiesta por el progresivo descenso del menisco del agua en el cuello de la botella; si fuese cierta la teoría de los antiguos técnicos del cemento, de que el cemento expansivo aumentaba de volumen, debería ocurrir precisamente lo contrario. Después de transcurridos varios días, la dilatación que se produce en el cemento expansivo desarrolla esfuerzos que rompen la botella, con lo cual termina el experimento. Resulta muy curioso que la masa de cemento, contenida en la parte inferior de la botella, se contraiga y luego desarrolle esfuerzos compresivos suficientes para romper la botella.

Sobre los procesos químicos que aquí actúan, y que entran de lleno en el dominio de la química capilar, pueden hacerse varias hipótesis, sobre las cuales no puedo aquí extenderme, desgraciadamente; me contentaré con indicar que las relaciones de volúmenes entre cementos expansivos y no expansivos no ofrecen diferencia alguna esencial, siendo posibles, por consiguiente, todas las transiciones imaginables entre la expansión y la inalterabilidad de volumen. No puede señalarse ninguna frontera bien marcada entre cementos expansivos y no expansivos; no existirá, en consecuencia, ningún método de ensayo que pueda permitir el reconocimiento de dicho límite, que en absoluto no existe.

La experiencia nos enseña que si se va elevando cada vez más la dosis de cal de un cemento, empiezan por crecer a la par las resistencias a la tracción y a la compresión. A partir de una determinada dosis de cal, sin embargo, se empiezan a dejar sentir perturbaciones en las resistencias a la tracción, en tanto que la resistencia a la compresión sigue aún aumentando; si se sigue aumentando la dosis de cal se produce ya el retroceso de las resistencias a la compresión, llegándose con ello al límite admisible, ya que elevando algo más la cal se produce visiblemente la expansión.

De todo esto resulta ya que tiene que existir una dependencia o relación entre la dosis de cal, las resistencias a la tracción y la compresión, y la tendencia a la expansión de los cementos Portland, y que éste es el polo que debemos tomar como punto de partida para atacar el problema de la elevación de calidad de los cementos. A los cementos de alto valor del porvenir debemos exigirles que superen a los actuales cementos, no sólo en una cualidad, sino en todas ellas, y de ello resulta, como ya tuve ocasión de expresarlo, la necesidad de una cuidadosa determinación de la dosis de cal para los cementos de alto valor.

Ahora bien, en la realidad, ¿qué es lo que ocurre en este particular? En Alemania, tanto los pliegos de condiciones como el mercado distinguen dos clases de cemento: el cemento Portland de alto valor y el cemento Portland corriente. Las prescripciones para el tiempo de fraguado y para la estabilidad de volumen son iguales para ambas clases de cementos; las cifras de resistencias, en cambio, son mucho más severas en los cementos de alto valor, puesto que tales cementos de alto valor a los 3 días ya han de tener unas resistencias a la tracción y a la compresión no exigidas al cemento Portland ordinario. Según las prescripciones oficiales alemanas (y en ésto coinciden también las normas de casi todos los demás países), el cemento Portland de alto valor es un cemento que se caracteriza, en primera línea, por sus elevadas resistencias iniciales.

Tal como está hoy día la situación, debo decir que mi opinión personal es que tal concepto del cemento de alto valor sólo puede ser un comienzo. A mi modo de ver, la valoración futura de los cementos exigirá, además, condiciones respecto de la estabilidad de volumen más severas que las exigidas del Portland corriente. Sobre este punto deseo dejar bien sentado de qué clase deberán ser esas nuevas exigencias.

Nos hallamos aquí ante un problema de extraordinaria dificultad, cuya solución está aún lejana. Mi opinión personal es que el mejor modo de apreciar

la estabilidad de volumen de los cementos es comprobar la relación que guardan los diversos valores de las resistencias, por ejemplo, la resistencia a la tracción y la resistencia a la compresión (conservación en agua). Se trata de una idea que ya tuve ocasión de exponer en 1909, cuando en Alemania se procedió a substituir el ensayo a la tracción por el ensayo a la compresión. Creo, desde luego, que el problema puede probablemente ser resuelto también por otros procedimientos, y no me parece del todo improbable que incluso las anomalías que observamos en el endurecimiento alternado puedan desempeñar algún papel en todo ello.

Si ahora pasamos, después de estas manifestaciones, a examinar las bases o principios químicos en que se funda la fabricación de los mejores cementos, debemos reconocer que la primera condición es la elección acertada de la dosis de cal. Fácilmente puede calcularse la cantidad de cal que debe tener un cemento, basándose en los compuestos que deben integrar un cemento ideal. En el capítulo acerca de la constitución del clinker de cemento Portland expuse que los componentes más importantes del clinker son alita y la celita, y que, por consiguiente, el problema debe consistir en dosificar el crudo y calcular su cantidad de cal en tal forma, que pueda formarse mediante la cocción la máxima proporción posible de alita y celita (incluso, tal vez, que se formasen dichos dos productos exclusivamente, si se pudiese).

Dada así la regla fundamental para la fijación de la dosis de cal, cabe preguntarse si también, para la fijación de las cantidades de sílice, alúmina y óxido de hierro hay que atenerse a reglas especiales. Ordinariamente no se suele prestar demasiada atención a la composición de la arcilla destinada a la fabricación del cemento; la mayor parte de los fabricantes se contentan con determinar la dosis de cal de su crudo. En realidad, con cualquier arcilla se puede fabricar cemento de alto valor, tanto en el sentido actual como en el modo futuro de entenderlo, bastando para ello dosificar correctamente la cal y la arcilla en la debida proporción, procurando dar al crudo una buena preparación, cociendo la mezcla intensamente, y moliendo finamente el cemento. Con todo y parecer muy sencilla esta regla, resulta muy difícil cumplimentarla, para muchas de las fábricas, especialmente si las instalaciones de que se dispone son algo antiguas y no poseen los dispositivos más recientes. Tales fábricas de cemento hacen bien, si en lugar de limitarse a tener cuidado de la dosis de cal del crudo prestan también la máxima atención posible a la composición de la substancia arcillosa.

Como al estudiar un cemento nunca se hace referencia a las cantidades absolutas de sus componentes, sino tan sólo a las proporciones relativas en que se encuentran, hace ya largos años que introduce el sistema de apreciar la calidad de los cementos según tales números proporcionales, siguiendo el sistema iniciado por Michaelis, al proponer el módulo hidráulico para la relación de la cal a las substancias de la arcilla. Del mismo modo que Michaelis interpreta por módulo hidráulico al cociente entre el tanto por ciento de cal y la suma de los tantos por ciento de la sílice, alúmina y óxido de hierro, designo yo con el nombre de módulo de silicatos a la relación entre la sílice y la suma de la alúmina y el óxido de hierro, y de módulo férrico a la relación de la alúmina al óxido de hierro.

Preparando ahora una serie de cementos que tengan, todos ellos, la cal dosificada en igual proporción, pero escalonando los módulos de silicatos correspondientes desde los mínimos valores hasta los máximos; ésto es, si se empieza con cementos altos en sílice para descender a cementos con dosis de sílice cada vez más reducidas, y con dosis de alúmina y óxido de hierro que en correspondencia sean cada vez más altas, cuando se muelen todos esos cementos

a igual finura, y se les ensaya bajo condiciones iguales, se comprueba que las mejores resistencias corresponden a los valores extremos del módulo de silicatos; en la parte central de la serie se obtienen, por el contrario, cementos menos buenos. En otras palabras, las mejores resistencias se logran por un lado con cementos muy altos en sílice, y por otro con los cementos muy bajos en sílice.

Este fenómeno comprobado halla su expresión técnica en dos procesos de fabricación que han dado lugar a la producción de dos cementos excelentes, especialmente desde el punto de vista químico. Quiero referirme en primer término al cemento muy alto en sílice y en segundo término al cemento muy bajo en sílice producido por algunas fábricas siguiendo mis prescripciones.

El cemento alto en sílice tiene un módulo de silicatos comprendido entre 3 y 4; su dosis de sílice es, pues, de 3 a 4 veces mayor que la de alúmina y óxido de hierro juntas. Los cementos de esta clase no resultan fáciles de fabricar, pues exigen una preparación a gran finura y una cocción sumamente intensa. En cambio, cuando están bien fabricados se distinguen, una vez molidos a suficiente finura, por su elevada resistencia inicial, que puede ser atribuida a su alta dosis de silicato tricálcico.

Los cementos hechos según mi procedimiento se hallan diametralmente opuestos al cemento alto en sílice; ya es patente que en ellos la elevada resistencia es debida a su alta dosis de alúmina, y por consiguiente, a su mayor riqueza en aluminatos cárnicos. El hecho de que los cementos altos en alúmina se endurecen muy deprisa es ya conocido desde hace largo tiempo; también es sabido, sin embargo, que los cementos altos en alúmina no son seguros en lo que se refiere a su tiempo de fraguado, pues con facilidad degeneran en cementos rápidos. En mi procedimiento para la fabricación de cemento de alta resistencia inicial he logrado vencer ese peligro, haciendo que simultáneamente se eleve la dosis de óxido de hierro al elevar la dosis de alúmina. Los cementos preparados según mi procedimiento contienen, pues, mucha alúmina y mucho óxido de hierro, y al mismo tiempo una dosis de sílice tan baja, que el módulo de silicatos desciende hasta 1,2 ó 1,4.

Los cementos fabricados según esta fórmula se preparan con facilidad, dado que no tienen que estar dosificados muy altos en cal, y pueden ser cocidos a temperatura relativamente baja. La fabricación ofrece dificultad en un solo punto, y es que el clinker se reblanquece con bastante facilidad, y tiende a formar adherencias o anillos.

La extraordinaria importancia que para la calidad del cemento tiene la vitrificación resulta ya del hecho de que el cemento alto en sílice sólo despliega sus excelentes cualidades cuando se le cuece a temperatura elevadísima, y queda, por consiguiente, bien vitrificado, y por otra parte, de que el cemento fabricado por mi procedimiento se clinkera con relativa facilidad, tendiendo, incluso, algo a la fusión, y quedando, por consiguiente, muy bien cocido. Creo también que en determinado procedimiento secreto, el secreto estriba en la vitrificación; pueden, pues, al llevarse a cabo el proceso práctico de cocción para fabricar cemento de alto valor, utilizarse todos aquellos medios auxiliares que faciliten la vitrificación. Esto conduce, en la práctica, al empleo de fundentes, sobre los cuales debo aún exponer algo en el último capítulo de este tratado.

Por ahora nos queda, todavía, por examinar un instante el químismo del proceso de clinkerización, haciendo observar que, en este caso, nos encontramos con un proceso de reacción de un sistema formado por varias fases, fundido parcialmente, y según lo que ya traté de indicar en el segundo capítulo. Como

los compuestos que integran el clinker se forman mediante una reacción que tiene lugar en el magma fundido producido por la vitrificación, será de decisiva importancia para la buena calidad del producto el modo cómo se desarrolle esas reacciones, y un examen más a fondo de estos procesos nos conduce al sorprendente resultado de que hay casos en que de la clinkeralización resulta mejor cemento cuando el crudo no ha sido molido a una extremada finura. Hace ya una larga serie de años que, en una ocasión, se publicó en la Tonindustrie Zeitung un artículo "No moler el crudo demasiado fino." Como es natural, dicho artículo suscitó viva oposición, de la que yo mismo formé parte. Sin embargo, he efectuado después largas series de ensayos de cocción, y he podido convencerme de que, en realidad, hay casos en que se obtiene mejor cemento moliendo el crudo a menor finura.

Durante mucho tiempo no pude hallar explicación a ese hecho observado. Ahora, después de haber profundizado más en la química del cemento Portland, he logrado tener la explicación de esas circunstancias. Normalmente, se obtiene mejor clinker moliendo el crudo debidamente dosificado tan fino como sea posible. Sucede a menudo, sin embargo, que el crudo no se halla del todo bien dosificado; por prudencia se deja a veces algo bajo en cal; en tal caso, como se verá, se obtendrá mejor cemento con un crudo preparado a menor finura.

Si, en conjunto, el crudo es algo bajo en cal, con una molituración sumamente fina se obtiene un clinker que en todos sus elementos resulta bajo en cal y que, por consiguiente, es de mediocre calidad. Si, en cambio, aquél crudo se muele menos fino, en aquellos puntos en que se encuentren gránulos mayores de cal se producirá en ellos un enriquecimiento del clinker en cal, mientras que en otros puntos intermedios la masa resultará aún más pobre en cal de lo que correspondería al promedio obtenido gracias a una molituración más fina. Con el crudo molido grueso se obtienen, pues, granos de clinker de diferente composición, unos muy calizos y otros muy bajos en cal. Las porciones muy calizas, por acercarse más a la composición ideal, poseen una capacidad de endurecimiento mucho mayor que aquellos otros que forman la masa homogénea del clinker preparado con un crudo molido muy fino; en cambio, las porciones bajas en cal del clinker heterogéneo poseen una capacidad de endurecimiento menor que las porciones correspondientes del clinker preparado con crudo homogéneo. Ahora bien, como el efecto de una correcta dosificación de cal en el clinker es mucho más intenso y eficaz que el producido por las porciones que en mayor o menor grado hayan quedado bajas en cal, resulta que el cemento heterogéneo, a pesar de la mezcla con porciones de calidad mediocre, alcanza en conjunto mayores resistencias que el clinker que sea todo él demasiado bajo en cal; ésto explica por qué en la práctica, cuando los crudos son algo bajos en cal, se obtienen mejores cementos no moliendo el crudo demasiado fino.

Para la buena calidad del cemento reviste, como ya se ha dicho, una importancia decisiva la buena vitrificación o fusión incipiente; de igual manera parecen también desempeñar un papel no despreciable la duración de la cocción y la velocidad del enfriamiento. También sobre esta materia se han hecho muchos ensayos, que dejan entender que un enfriamiento rápido aumenta la capacidad de endurecimiento del clinker. Se trata aquí de circunstancias parecidas a las que hicieron tener un éxito decisivo al método de granulación de las escorias de altos hornos. Así como las escorias de altos hornos enfriadas lentamente no poseen propiedades aglomerantes, las mismas escorias, enfriadas rápidamente resultan ser un valioso elemento aglomerante, que sirve de material de partida para la preparación del cemento Portland férrico y del cemento de

altos hornos. El enfriamiento rápido lo que hace es fijar una fase inestable, haciendo que la parte fluida de la escoria se solidifique tan deprisa en forma vítreo, que se impiden los procesos de cristalización que tienen lugar con el enfriamiento lento.

Las escorias rápidamente enfriadas, solidificadas en forma vítreo, poseen un potencial químico mucho más elevado que las escorias enfriadas lentamente. A este mayor potencial químico puede ser atribuida la capacidad de reacción con el agua, y su consiguiente importancia como material aglomerante. Análogas, aunque no tan manifiestas, son las circunstancias en el caso del clinker: también aquí se trata de la fijación de un estado de equilibrio inestable mediante un enfriamiento rápido, conservando así un potencial químico mucho más alto que el clinker enfriado lentamente.

A la cocción del cemento sigue su molturación. También aquí hay una gran cantidad de puntos de vista que deben ser tenidos en cuenta para fabricar cementos de alta calidad. Estos puntos de vista son, en su mayor parte, de índole puramente técnica, por lo cual deseo dejar su comentario para el próximo capítulo, que tratará de la técnica de los cementos de alto valor. Ahora aclararé tan sólo algunos puntos, especialmente el de la abreviación del tiempo de fraguado, que tiene lugar al aumentar la finura de molturación. Cuando un clinker de cemento se va moliendo a finura cada vez mayor, se observa que el tiempo de fraguado va siendo cada vez más corto; es éste un fenómeno evidente, porque al crecer la finura de molturación crece la superficie total de las pequeñas partículas de cemento, y con ella, naturalmente, la posibilidad de reacción y la velocidad de reacción con el agua. Es muy notable, sin embargo, que esta reducción del tiempo del fraguado en casi todos los cementos tiene lugar de manera brusca en un punto determinado, de tal forma que, al llegar a determinada finura de molido, súbitamente pasan de cementos de fraguado lento a cementos de fraguado rápido. Cuando, por ejemplo, ha ido bajando la duración del fraguado progresivamente de 4 horas, por ejemplo, a 2 horas, sucede que basta un pequeño incremento en la finura de molido para que el principio del fraguado se inicie bruscamente a los pocos minutos.

Sobre este particular quisiera insistir acerca de un fenómeno completamente análogo que se observa en ocasión de adicionar yeso para la regulación del tiempo de fraguado. Uno de mis discípulos, el Sr. Brans, ha estudiado el efecto del yeso de diferentes finuras de molido, y ha hallado que actúa con tanta mayor eficacia cuanto más finamente molido se halla. En cambio, parece independiente de esta circunstancia la existencia en toda clase de yesos de un valor de entumecimiento, que tiene que ser alcanzado para que se produzca un retardo sensible en el tiempo de fraguado. Este valor de entumecimiento es tanto más elevado cuanto mayor es el tamaño granulométrico del yeso.

En las tablas 3 y 4 expongo unos cuantos datos que he tomado del trabajo de Brans. Puede verse en ellos que entre los diferentes tamaños granulométricos del yeso existe sólo una pequeña diferencia en la cantidad que hay que agregar para transformar un cemento rápido en cemento lento. También aquí tiene lugar un salto brusco en estrecha relación con la modificación brusca del tiempo de fraguado al aumentar la finura de molido. Tanto en el efecto del yeso como en la influencia de la finura de molido, existe un efecto de reacción superficial, y este fenómeno nos muestra la dependencia existente cuando se entra en el campo de la química coloidal.

Respecto del efecto del yeso, desarrollé en una ocasión una teoría en que partía de la velocidad de disolución del yeso y de la influencia de su superficie activa. En el estrecho marco de este tratado no me es posible extenderme en detalles acerca de tan interesantes procesos, debiendo contentarme con haber

indicado su importancia desde el punto de vista de la finura de molido de los cementos de alto valor.

TABLA V.—INFLUENCIA DEL YESO SOBRE EL PRINCIPIO DEL FRAGUADO.

| Molido del yeso. | Muy grueso. | Grueso. | Semifino. | Fino. |
|-----------------------------------|-------------|---------|-----------|-------|
| Cantidad de yeso adicionada. % | 21,5 | 25,8 | 17,2 | 19,4 |
| Principio del fraguado. Minutos.. | 5 | 400 | 6 | 300 |

10,8 11,8 2,7 3,8

4 210 5 118

TABLA VI.—INFLUENCIA DEL YESO SOBRE EL FINAL DEL FRAGUADO.

| Molido del yeso. | Grueso. | Semifino. | Fino. | Muy fino. |
|----------------------------------|---------|-----------|-------|-----------|
| Cantidad de yeso adicionada. % | 12,9 | 14,0 | 10,2 | 10,8 |
| Duración del fraguado. Minutos.. | 20 | 135 | 25 | 210 |

4,8 5,3 1,6 2,2

15 138 25 190

Resultaría incompleto el estudio de las bases químicas del futuro desarrollo de los cementos de alto valor si no comprendiera, también, el efecto de las substancias que pueden agregarse al clinker de cemento durante la molturación, para aumentar su capacidad de reacción. Nos hallamos aquí de lleno en el campo del químico, pues incluso la catálisis desempeña hoy día en numerosos procesos químicos un papel de suma importancia. Es sabido que el yeso no sólo retrasa el tiempo del fraguado, sino que además eleva la resistencia; de manera análoga al yeso actúan también otros sulfatos. La investigación de los medios para la mejora del endurecimiento inicial de los cementos no nos permite pasar por alto que además del yeso han sido ensayadas otras innumerables substancias adicionales. Junto con el yeso se destaca de un modo especial por su eficacia el cloruro cálcico, que adicionado en pequeñas dosis produce aumentos de resistencia; tiene, sin embargo, una desagradable propiedad: en mayor dosis abrevia tan considerablemente el tiempo de fraguado, que su adición debe hacerse siempre con sumo cuidado.

En una ocasión, con objeto de hacer posible la agregación de mayores cantidades de cloruro cálcico, adicioné al cemento, no precisamente el mismo cloruro cálcico, sino otros compuestos clorados que dieran origen al cloruro cálcico al ponerse en contacto con el agua de amasado del mismo, ya fuera por hidrólisis, ya por reacciones químicas de otra índole cualquiera. Por razones científicas incluy en la lista de las substancias cloradas ensayadas algunas que carecen de interés práctico, como por ejemplo, el cloroformo, el hidrato de cloral, el tetracloruro de carbono y el ácido tricloroacético. Tales ensayos no tuvieron ningún éxito resonante, porque la formación de cloruro cálcico se producía a veces demasiado deprisa y a veces demasiado despacio, de forma que en unas ocasiones el cemento se volvía rápido, y en otras no experimentaba el aumento de resistencia previsto.

Posteriormente tuve ocasión de efectuar una minuciosa investigación acerca de la acción catalítica de todos los cationes y aniones posibles, sobre la resistencia. Respecto de los cationes, los resultados pueden resumirse como sigue:

Actúan en sentido de aumentar las resistencias en pequeñas cantidades: el litio, el sodio, el potasio, el amonio, el calcio, el estroncio, el bario, el cadmio, el aluminio y el hierro, en forma de cloruro.

Carecen de acción sensible: el magnesio, el cromo, el níquel y el cobalto. Y especialmente el zinc y el cobre.

El plomo tiene una acción destructora.

En líneas generales, los metales con bajo peso atómico son favorables, y los de alto peso atómico son perjudiciales.

El efecto de los aniones es menos patente, por la que renunciaré a entrar en más detalles. Sólo quisiera dar a conocer una sorprendente observación relativa a la elevación de la resistencia a la compresión a las 24 horas, desde 58 kgs. a 238 kgs., obtenida por mí mediante adición de un 2% de bromuro cálcico. Es evidente en este caso la elevación extraordinaria de resistencia debida a la adición de bromo. He renunciado a proseguir los ensayos en dicho sentido, por ser evidentemente imposible económicamente que el bromo pueda tener aplicación desde el punto de vista comercial.

Como resultado general de mi estudio sobre la influencia de los catalizadores, he logrado la impresión de que existen todavía algunas posibilidades de progreso, pero que las circunstancias que rodean el problema son tan embrolladas, que no dejan casi lugar a esperanza de que en un porvenir próximo se llegue a un claro conocimiento del efecto catalítico, y con ello a su adopción general en la fabricación de cementos.

Por el momento, el estado de la Ciencia debe precisarse diciendo que la clave de los progresos de la industria del cemento se halla, a la par que en el perfeccionamiento técnico de las fábricas, sobre todo en la acertada y precisa dosificación de la mezcla cruda, en lo relativo a sus proporciones de cal, sílice, alúmina y óxido de hierro. Es ésta la parte química del problema, y de su solución técnica pienso tratar en el próximo capítulo.

Memoria sobre la industria del cemento en España.

LA COMISIÓN ASESORA, que con carácter de Junta Reguladora e Inspectoría regula en España las relaciones entre los organismos del Gobierno y la industria del cemento, ha publicado recientemente una Memoria, lujosamente editada, en que se recopilan por primera vez de una manera oficial en España abundantes datos estadísticos relativos a la mencionada industria.

Después de la parte oficial, en que se reseñan los decretos relativos a la creación de la entidad y a su actuación, detalla las características de los cementos españoles, comparándolos con los de los demás países, tanto en calidad como en precios; da luego la producción de cada una de las fábricas españolas en los años 1920 a 1928, y los consumos, provincia por provincia, en esos mismos años.

Da luego unos interesantes gráficos de la producción de cemento Portland en los diferentes países del mundo, en relación con su superficie y con el número de habitantes; las ventas de las diferentes fábricas españolas en cada provincia en 1929; datos relativos a importación, a autorización para ampliar instalaciones, y fundar nuevas fábricas, a radios de acción y capacidad de producción de las fábricas españolas; reproduciéndose al final el Pliego Oficial de Condiciones, publicado en Febrero último, y que es el que hoy se halla vigente en España.

Termina el interesante opúsculo con una hermosa colección de fotografías de fábricas españolas de cemento Portland y de Obras importantes, realizadas en España con los cementos nacionales.

Estudio comparativo de la industria del cemento en los Estados Unidos de America, Canadá, y el Reino Unido.—III.

por HAL GUTTERIDGE.

Primeras materias.

Estados Unidos.—Las calizas duras son el material calcáreo mas importante de los que se usan en los Estados Unidos para la producción de cemento Portland. Geológicamente, se encuentran escalonadas en todas las formaciones, desde el pre-cámbrico al cainozoico o terciario inclusive. Geográficamente, la piedra caliza se halla en casi todos los Estados. En la mayor parte de los yacimientos la piedra caliza se halla o en la superficie misma o muy cerca de ella; sin embargo en algunos casos se encuentra recubierta por un manto de gran espesor de otros materiales y se hace necesario emplear métodos de minería; tal sucede por ejemplo en la Pennsylvania Occidental. Físicamente en las piedras calizas se engloban desde los mármoles mas duros, hasta las margas, pasando por las calizas algo arcillosas y relativamente blandas que se conocen con la denominación de piedra de cemento, y por las gredas. En la práctica suele hacerse referencia, por separado, a las gredas y margas, limitando la denominación de piedra caliza a aquellas piedras que requieran una trituración. Químicamente las piedras calizas abarcan desde un carbonato cálcico casi puro (de alrededor de un 98%) hasta las calizas arcillosas con baja dosis de carbonato cálcico. Entre estas últimas se encuentra la piedra de cemento que contiene alrededor de un 50-85% de carbonato cálcico.

Lo extenso de la distribución geológica y geográfica de las calizas puras de gran dureza imposibilita dar una reseña por breve que sea de la misma en este artículo, y lo mismo puede decirse de sus características físicas y químicas. Las calizas arcillosas, en cambio, no son ya tan abundantes; se las encuentra y usa en el distrito de Lehigh (Pennsylvania); este depósito se extiende por Nueva Jersey, y por Colorado, Indiana y Utah.

Las gredas, comprendiendo aquellas que tienen un elevado tanto por ciento de carbonato cálcico y las que tienen grados variables de materia arcillosa, son usadas en Arkansas, Nebraska y Texas; en este último Estado se tiene un buen ejemplo de greda arcillosa de carácter variable desde una tierra blanda hasta un material duro y consistente que contiene alrededor de un 75% de carbonato cálcico. Las margas empleadas en los Estados Unidos se encuentran en Indiana, Michigan y Utah; se usan en cambio conchas y margas conchíferas en Virginia y en Texas. Entre los materiales artificiales, en el Estado de Nueva York se emplean las escorias de altos hornos en su forma enfriada al aire; en los Estados de Michigan, Indiana y Minnesota se emplean también pero en su forma granulada. En el "Rock Products Directory" de 1929-1930 se dan mas detalles acerca la distribución y descripción de las primeras materias usadas en los Estados Unidos.

La caliza arcillosa o "piedra de cemento" se encuentra principalmente en el distrito de Lehigh (Pennsylvania) y en la región de Warren, de Nueva Jersey; se la encuentra también en una estrecha faja de unos 80 kms. de longitud y de unos 6 kms. y medio a lo mas en su máxima anchura desde Reading (Pennsylvania) hasta Stewartsville (New Jersey). La piedra de cemento es

en Trenton (desde el punto de vista geológico) una caliza del silúrico inferior variando de espesor entre unos 45 y unos 75 metros. Los lechos o capas superiores, casi en contacto con los esquistos del Hudson que los recubren contienen alrededor de un 50% a un 60% de carbonato cálcico y de un 40 a un 50% de sílice, alúmina, hierro, etc. El tanto por ciento de cal, hablando en términos generales, va en aumento, y el de arcilla o materia arcillosa decrece a medida que va descendiendo la posición de la formación, hasta llegar a la base del yacimiento, donde se la encuentra hasta con 80 y 85% de carbonato cálcico. De estas capas inferiores se extrae la caliza alta en cal que hay que mezclar algunas veces con la piedra de cemento. La composición de la piedra de cemento varía mucho de unas muestras a otras, y aun entre las de una misma cantera.

El aspecto y carácter físico de una piedra de cemento varía al cambiar la composición química de la misma. Al aumentar la dosis de cal va perdiendo gradualmente su fractura esquistosa y su color negruzco, hasta que cuando se llega a la parte baja de la formación es tan solo una piedra caliza de un gris algo oscuro. Es mucho más blanda generalmente que la caliza dura pura y que se usa generalmente mezclada con arcilla, siendo por consiguiente mucho más fácil de triturar y de moler. La piedra caliza de Kittatinny que se encuentra debajo de la piedra de cemento es demasiado alta en magnesia para poder ser empleada como primera materia para la fabricación del cemento, salvo en algunas capas en que excepcionalmente es baja la dosis de magnesia. La piedra de cemento es alta en magnesia en todo su espesor. Pocos son los análisis que acusan dosis inferiores al 4% soliendo contener hasta un 6% de carbonato de magnesia. Al variar en tal manera la dosis de cal de la piedra de cemento, la obtención de una mezcla correcta requiere un cuidado especial. La piedra de cemento exige el empleo de una caliza alta en cal o de una materia arcillosa para poder establecer en cada caso la dosificación adecuada; esta puede también ser obtenida combinando adecuadamente piedra de cemento alta en cal con otra tomada de distinta parte de la cantera y más baja en cal. La piedra de cemento comprende desde calizas con un análisis que denota gran pureza hasta piedras que contienen tanta materia arcillosa que se hace necesario agregar algo de caliza casi pura para poder obtener una dosificación apropiada a la fabricación de cemento Portland.

Canadá.—Como primera materia principal solo se usan en el Canadá calizas duras y piedra de cemento. Desde el punto de vista geológico las calizas empleadas (salvo la piedra de cemento) son de los períodos siguientes: Jurásico inferior y triásico superior en la Columbia inglesa; carbonífero en Alberta; devónico en Manitoba; ordoviciense inferior y devónico medio en Ontario. En Ontario y Quebec se emplea también la piedra de cemento del período ordoviciense (Trenton). En Alberta, junto con la piedra caliza se emplea pizarra así como con las calizas de otras provincias es la arcilla el material sílico-aluminoso que se agrega. En el caso de la piedra de cemento que se halla entre otras capas de esquistos suele ser necesario en general emplear una pequeña proporción de arcilla.

Es interesante comparar la piedra de cemento de Trenton, del Valle de Lehigh con la de Quebec y Ontario. Aquella, geológicamente, es del período silúrico inferior en tanto que la última corresponde al ordoviciense. La piedra de cemento del Canadá se halla en capas de poco espesor separadas por estratos de pizarra, pareciéndose en esto a los yacimientos de la formación liásica del Reino Unido. Las calizas que se explotan en la fabricación del cemento se hallan repartidas por todo el Canadá. Por otra parte la piedra de cemento

se usa tan solo en las provincias orientales. Para obtener mas detalles acerca de las primeras materias explotadas en el Canadá puede recurrirse al Departamento de Minas de Ottawa.

Reino Unido.—Las primeras materias usadas en el Reino Unido son la greda, la piedra caliza (comprendida en esta la caliza liásica), la marga, la pizarra y la arcilla. No se emplea ninguna clase de piedra que sea físicamente comparable con la "piedra de cemento"; sin embargo químicamente los yacimientos liásicos y las margas proporcionan tanto los elementos calizos como los arcillosos, con solo la diferencia física de que se trata de materiales blandos. Se emplean muy poco los materiales artificiales tales como las escorias de altos hornos, o los residuos alcalinos, en el Reino Unido, aun cuando se han efectuado ensayos en tal sentido de vez en cuando.

En las regiones del Este, Sur y Sudeste del Reino Unido existen grandes y ricos yacimientos de greda. Una faja ininterrumpida de formaciones gredosas se extiende desde Norfolk en dirección S.W. hasta Dorset, y continúa luego en dirección Este hasta el estrecho de Calais. Muchas de las fábricas de cemento mas importantes están situadas a lo largo de los bancos del Támesis y del Medway, y emplean greda como primera materia caliza. En muchos puntos de las mismas zonas se encuentran margas, especialmente en el río Medway, en Cambridgeshire, y en la parte Oeste de Inglaterra.

Se encuentran calizas oligocénicas y eocénicas en una faja de terreno que corre tambien en dirección S.W. desde el Norte del Essex hasta Berkshire. La caliza ordoviciense se encuentra generalmente en el país de Gales, en el Norte de Inglaterra, en el Sur de Escocia, y en Irlanda. Se encuentra caliza silúrica en el Norte de Gales, en el Sur de Escocia y en la parte N.E. de Irlanda. La caliza carbonífera cubre la mayor parte del centro de Irlanda, encontrándose asimismo en la parte Norte de Inglaterra y la zona Sur de Escocia.

La formación liásica del periodo jurásico se encuentra en una estrecha faja que se extiende tambien en dirección S.W. desde el N.W. del Lincolnshire hasta Dorset. Tambien la hay en una pequeña región del extremo Norte del Yorkshire y al Sur de Glamorgan en Gales. Algo de piedra hay tambien en la parte Oeste de Inglaterra; en la localidad se la conoce con la denominación de "piedra de barro" por reblandecerse en el agua y romperse como si fuese arcilla; está formada por un material arcilloso con algunos granos de piedra caliza. Su composición es semejante a la de los esquistos de la formación liásica, pero suele contener mayor dosis de carbonato cálcico.

Las gredas, tanto la blanca como la gris, son suficientemente uniformes para poderlas trabajar facilmente con solo una pequeña adición de agua. La greda blanca contiene generalmente de un 20 a un 25% de agua con la cual basta para hacer con ella una pasta espesa, y por consiguiente con solo una pequeña agregación de agua se puede reducir a una papilla o pasta clara.

La denominación de "marga" se aplica generalmente a un material blando que es una mezcla natural de substancias calizas y arcillosas. En el Cambridgeshire la marga se encuentra en la parte inferior de la greda local y su composición varía generalmente entre el 72% y el 77% de carbonato cálcico, 14% y 18% de sílice, 5% y 7% de óxido de hierro y alúmina y 0,4 y 1% de magnesia.

La composición química de la arcilla varía considerablemente. Las arcillas del río Medway varían entre el 55% y el 63% de sílice, el 7% y el 23% de

óxido de hierro y alúmina, entre 0 y 2% de cal (CaO), y entre el 0,2% y el 2,5% de magnesia. Tanto esta arcilla como la que se encuentra en el río Támesis es barro aluvial. La arcilla del Gault es generalmente mas baja en sílice y considerablemente mas alta en cal que las arcillas del Medway con un tanto por ciento de magnesia aproximadamente igual.

Comparaciones geológicas.—Hablando en términos generales, en los tres países que estamos considerando, se hallan representados la mayoría de los periodos geológicos; sin embargo en la fabricación del cemento Portland hay determinadas primeras materias que se usan en uno o mas de los países y no en los demás. La mas importante de estas materias es la caliza de Trenton (piedra de cemento) que se emplea ampliamente tanto en los Estados Unidos como en el Canadá y en cambio no se usa en el Reino Unido. La formación liásica del periodo jurásico es empleada en el Reino Unido, pero no parece serlo en los Estados Unidos ni en el Canadá, aunque en este último país existe en la isla de Vancouver una formación que se cree es del periodo jurásico inferior; sus características, no obstante difieren de las de la formación liásica del Reino Unido.

Comparaciones físicas.—En términos generales, la mayoría de los materiales calizos usados en los Estados Unidos, incluyendo la caliza arcillosa denominada piedra de cemento, son materiales duros que necesitan ser triturados y molidos, si bien es cierto que la energía necesaria para prepararlos es mucho menor que la requerida para las calizas duras. Así es que la extracción de los materiales duros en las canteras de los Estados Unidos y en el Canadá requiere varrenos y explosivos antes de poder ser efectuada por las palas mecánicas, en tanto que en el Reino Unido la greda blanda y las margas pueden casi siempre ser extraídas directamente por medio de dragas o palas mecánicas que atacan el frente de la cantera. En algunos casos, en el Reino Unido, cuando se está trabajando en un frente de cantera abierta de gran altura, es mas económico derrumbar todo el frente de golpe por medio de una voladura, pues como los materiales están poco adheridos unos a otros en su estado natural se necesita poco esfuerzo para desmontar una masa considerable.

Para el transporte de los materiales desde la cantera hasta la fábrica de cemento, los que son de naturaleza blanda se prestan mejor que los mas duros al sistema de conducción por tuberías en forma de pasta en lugar de hacerlo por medio de vagones. Aquel método es especialmente aplicable cuando las canteras se hallan a alguna distancia de la fábrica, y no es conveniente transportar los materiales por la superficie del terreno.

Con materiales duros dicho método es tambien posible, pero como exige la trituración, el molido y las bombas instaladas en la cantera, en lugar de los molinos desleidores y bombas que es lo único que hay que instalar allí en el caso de materiales blandos, resulta que la instalación adicional hace poco aceptable, desde el punto de vista económico, dicho sistema en aquel caso. Este método no puede ser empleado si se trata de una fábrica que trabaje por vía seca a causa de la gran cantidad de calor que en la cantera se necesitaría para la desecación que haría que el método resultara excesivamente costoso, con relación al sistema ordinario.

Comparaciones químicas.—Por causa de la gran variedad de primeras materias existentes en dichos tres países, desde las calizas puras hasta los materiales arcillosos, las composiciones químicas de aquellas primeras materias varían en manera ilimitada.

(Continuará.)

Instrumentos de medida y registradores para hornos rotatorios.—I.

By A. C. DAVIS, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.

(DÍRECTOR DE FÁBRICAS DE LA ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.)

La producción del clinker de cemento en un horno rotatorio mediante primeras materias preparadas sea por vía húmeda sea por vía seca, implica la combinación de cuatro fases del proceso en un aparato solo. Esas fases son:

- (1) Desecación del crudo (en el proceso denominado de vía seca las primeras materias convenientemente preparadas entran en el horno ligeramente humedecidas).
- (2) Calentamiento del material crudo hasta la temperatura a que es expulsado el dióxido de carbono.
- (3) Nuevo calentamiento del material hasta que todo el dióxido de carbono queda eliminado dando lugar a la formación de óxido cálcico.
- (4) Elevación de la temperatura del óxido cálcico en presencia de los elementos arcillosos que intervienen en la mezcla hasta aquel punto en que se produce un principio de fusión.

Los métodos modernos de fabricación exigen el control científico de la operación de la cocción, estando harto comprobado que dicho control tiene un marcado efecto sobre el rendimiento y la economía. Hay diversos puntos en los que es conveniente medir la temperatura u otros factores relativos a la mencionada serie de operaciones; sin embargo a causa de dificultades de carácter práctico las posibilidades de tales mediciones han quedado hasta el presente algo limitadas.

Debido a la forma constructiva del horno rotatorio y a la naturaleza del material que en él se elabora, es prácticamente imposible hacer uso de instrumentos científicos para la observación y control de las fases segunda y tercera del proceso de cocción. Ha sido, por consiguiente, necesario en la práctica, concentrar la atención en las dos extremidades del horno, a saber, el extremo relativamente frío por donde se efectúa la entrada del material crudo, y el extremo caliente donde tienen lugar la combustión del combustible, y la fusión incipiente del material, y por donde sale el clinker.

Tratando primera del extremo frío, las observaciones y mediciones más convenientes son:

- (1) Temperatura de los gases de escape.
- (2) Composición de los gases de escape.
- (3) Cantidad de material crudo inyectado en el horno.
- (4) Tanto por ciento de humedad en el material crudo.
- (5) Cantidad de primeras materias secas arrastradas con los gases de escape.
- (6) Tiro en el extremo posterior producido por la chimenea o por el ventilador.

En el extremo caliente del horno pueden usarse con provecho, instrumentos de control para la medición de :

- (1) Temperatura del clinker en la zona en que tiene lugar el principio de fusión.
- (2) Presión del aire en la caperuza del horno y en el tubo del mechero.
- (3) Peso y proporciones en que es admitido el combustible, sea éste carbón pulverizado, o petróleo.
- (4) Cantidad de aire primario empleado para conducir el carbón pulverizado a la zona de combustión.
- (5) Temperatura del clinker que sale del enfriador.
- (6) Temperatura del horno y del enfriador en la plancha de sus envolventes.
- (7) Peso de clinker producido.

Vamos a describir con algún detalle los diversos instrumentos con que se cuenta para los fines arriba enumerados.

Mediciones de temperaturas.—La temperatura de los gases de escape varía desde unos 204° C. o aun menos en el horno moderno de vía húmeda hasta unos 650° C. o mas en el horno de vía seca. Para las temperaturas de la serie baja es posible usar termómetros de mercurio llenos de nitrógeno o termómetros de tensión de vapor. Ambos tipos de instrumentos son bastante delicados y pueden estropearse si se calientan mas allá de la temperatura para la que fueron calibrados.

Para las temperaturas de la serie alta se requieren otros medios de medida, y segun ha demostrado la experiencia, es mejor usar tambien para las temperaturas de la serie baja un instrumento que resista bien los excesos de temperatura y las duras condiciones que el funcionamiento práctico del horno rotatorio suele imponer.

El pirómetro termo-eléctrico es un instrumento que puede ser construído de manera que resista satisfactoriamente el duro servicio que imponen las condiciones industriales de la fabricación, y ha sido adoptado de manera muy general en la industria del cemento. El equipo de un pirómetro consiste en un par termo-eléctrico y un indicador o registrador, accionados por la energía eléctrica engendrada en el par termo-eléctrico cuando es calentado. El termo-par consiste en dos cintas de metales diferentes o aleaciones que puestas en íntimo contacto por una punta y calentadas producen una diferencia de potencial eléctrico en las otras extremidades de las cintas. Cuando un galvanómetro o milivoltímetro se monta en su circuito entre los extremos fríos de los dos metales que forman el par, circula por él una corriente eléctrica que origina una desviación de la aguja que lleva el instrumento. La importancia de la desviación será exclusivamente función de la diferencia de temperatura existente entre los extremos fríos y los extremos calientes del par, pues cuanto mas elevada es dicha diferencia, mayor es la fuerza electromotriz y por consiguiente la corriente que circula. La fuerza electromotriz desarrollada de este modo puede llegar a alcanzar 60 milivoltios, segun sean en cada caso los metales usados para el par, y la diferencia de temperaturas. Los galvanómetros o milivoltímetros empleados suelen ir calibrados o graduados directamente en grados de temperatura. Esta es la forma mas sencilla de pirómetro termo-eléctrico, pero en la práctica es preciso agregar diferentes perfeccionamientos a fin de obtener un equipo seguro y sólido.

El termo-par puede ser construído con muchos pares de metales diferentes o aleaciones; segun sean ellos, se agrupan en dos clases, que son : los formados por metales raros (tales como el platino, el iridio, el rhodio, etc.) y los construídos con metales económicos tales como el hierro, el cobre, el cromo y

el níquel. Muchas son las aplicaciones industriales (y entre ellas las de las fábricas de cemento) en las que se emplean los pares construidos con metales del tipo económico; la combinación mas corriente es la del hierro con una aleación de cobre denominada constantan. El par suele tener la forma de un tubo de unos 16 milímetros de diámetro, de hierro y un alambre de constantan que pasa por su interior y que va soldado a él en uno de sus extremos. En el otro extremo, que es el extremo frío, el tubo y el alambre de constantan van enlazados a terminales independientes montados sobre un casquillo aislante. El material aislante de que este último está formado, es preferible que no sea frágil como la porcelana para que no se rompa fácilmente si el pirómetro recibe algún golpe en su manejo. Debe evitarse que el alambre de constantan se ponga en contacto con el tubo de hierro, fuera del punto donde está soldado a él, a cuyo fin se emplean unas perlas aisladoras o tubitos de porcelana o amianto que separan el alambre del tubo y evitan su contacto en el caso de que el alambre no tenga suficiente rigidez, para evitarlo por sí mismo.

No es nuestro propósito tratar aquí con gran extensión de todos los detalles técnicos y perfeccionamientos que se han incorporado a un termo-par moderno, sino tan solo la breve descripción, que sigue, del principio en que se funda. En la forma simplificada de pirómetro ya descrita, los cambios de temperatura en el extremo caliente se traducirían en cambios de temperatura en el extremo frío. El instrumento de medida quedaría así influenciado por los cambios de temperatura, ya que las circunstancias rara vez serían semejantes a aquellas en que fué calibrado el instrumento. Variaciones de temperatura de este orden desplazarían la graduación del equipo a causa de las variaciones introducidas en las resistencias eléctricas del circuito y para vencer esa dificultad es preciso montar, en serie con el instrumento una resistencia elevada a modo de "lastre" adicional de manera que los cambios de resistencia debidos a causas exteriores resulten relativamente pequeños comparados con el valor de la resistencia de conjunto. En la unión o extremo frío las dificultades debidas a los cambios de temperatura se remedian por medio de lo que se llama la "extensión compensadora." Esta, reviste la forma de un cable cuyos conductores están hechos de metales intercambiables (desde el punto de vista termo-eléctrico), con el par, y va enlazado en serie con él y con el instrumento, hallándose intercalado entre ambos. El efecto logrado de este modo es trasladar la soldadura o unión fría a un punto en el que ya no se note la influencia de los cambios de temperatura que tienen lugar en el extremo caliente del termo-par. Los conductores de la extensión o alargamiento compensador pueden ser tomados directamente del instrumento de medida, si bien es mas corriente, cuando la distancia es mayor, emplear unos conductores de cobre entre el extremo de la extensión compensadora y el instrumento. La longitud de los conductores, a veces por determinados motivos, puede ser incluso de 700 a 800 m. en las fábricas de cemento. La fig. 1 (pág. 151) indica las piezas que componen un pirómetro indicador que son: la varilla con su funda o cubierta, su alargamiento compensador, los alambres o cables de cobre y el indicador.

Una de las ventajas del pirómetro termo-eléctrico sobre el termómetro de mercurio lleno de gas y sobre otros tipos o modificaciones del termómetro de mercurio, sea de cristal, sea de acero, así como sobre el termómetro de tensión de vapor, es que transformando los cambios de temperatura en un punto determinado en modificaciones del potencial eléctrico en otro punto que puede hallarse a gran distancia del primero, se hace posible instalar los instrumentos indicadores o registradores en una posición o punto cualquiera.

La instalación mas corriente del equipo de pirómetro termo-eléctrico en una fábrica de cemento suele componerse de un instrumento indicador en el piso

o plataforma del calcinador frente al horno para uso del operador, y de un instrumento registrador situado sea en la oficina del director sea en la del encargado de fabricación. En la figura 2 (pág. 152) se representa un registrador de punta única con cartón en forma de disco.

Hay asimismo otras temperaturas que medir distintas de la temperatura de los gases de escape. En tales casos conviene montar un aparato de puntas múltiples que permite al operador escoger la temperatura en el punto que deseé. Los registradores se suministran para lecturas o inscripciones múltiples hasta cuatro por cada cartón, empleando en tal caso tintas de diferentes colores con objeto de distinguir bien las curvas correspondientes a los distintos puntos en que se mide la temperatura. Cuando hay mas de cuatro puntos cuyas temperaturas deban ser registradas al mismo tiempo, lo corriente es montar registradores adicionales; pero si solo deben registrarse a la vez cuatro de las temperaturas de mas de cuatro puntos, puede emplearse un aparato con un cuadro de clavijas de enchufe. Esto permite conectar cualquiera de los conductores del registrador a uno cualquiera de los circuitos. En la fig. 3 (pág. 153) se representa un instrumento típico de esta clase. La figura 4 (pág. 153) representa un pirómetro registrador del tipo de cinta de papel y con dos puntas inscriptoras y la fig. 5 (pág. 154) es un registrador con dos cintas y tres inscripciones en cada una.

Para elegir la posición o emplazamiento mas adecuado y el método o sistema mas a propósito para disponer el equipo pirométrico, hay que tener presente que donde sea posible el par deberá ser emplazado de forma que quede suspendido verticalmente hacia abajo; si tuviese que disponerse forzosamente en posición horizontal debería colocarse un tubo de soporte a unos 30 cms. del extremo caliente.

En la práctica de los hornos rotatorios resulta difícil encontrar un punto de emplazamiento que proporcione la temperatura media de los gases tal y como se desea medir. En la parte posterior del horno se produce una gran turbulencia o remolino de los gases y para encontrar el punto en que reina una temperatura media es preciso efectuar una serie de lecturas en planos horizontales y verticales en la trayectoria o recorrido de los gases y hacer un gráfico con la distribución de tales temperaturas.

Hay que tener mucho cuidado al colocar el extremo del par y evitar que pueda perder calor por radiación o por conducción por hallarse cerca o en contacto con algo, como p. ej. el tubo por donde la pasta entra en el horno. La proximidad de un cuerpo relativamente frío puede explicar el que a veces se obtenga una temperatura mas baja que la que en realidad existe.

El extremo del par debe ser limpiado con frecuencia de todo depósito de pasta o polvo que sobre él quede retenido, ya que tal acumulación daría origen a incorrecciones en la medición de las temperaturas.

Los cables que enlazan el par con el instrumento deberían ir aislados y asegurados convenientemente, y situados tan lejos como fuera posible del horno para que la radiación de éste no pudiera deteriorarlos.

Cuando hay una larga serie de puntos en los que hay que medir la temperatura es corriente el sumergir las uniones frías de los pares en un baño de aceite con el fin de que sea posible medir directamente la temperatura de dicho baño y protegerlo contra los cambios de temperatura debidos a causas exteriores. Tal disposición asegura idéntica temperatura a todos los cables, con lo cual todas las indicaciones de temperatura resultan estrictamente comparables. La figura 6 (pág. 155) representa un baño de aceite donde se sumerge la unión fría, así como un pirómetro indicador de seis direcciones. Debe observarse con cuidado el método rígido de montar el equipo y los conductores siempre en tubos de hierro galvanizado.

El montaje del instrumento, tanto si es indicador como si es registrador exige ser meditado cuidadosamente. El punto elegido debería siempre ser lo mas frío posible y los instrumentos cuando se montan cerca del horno deben ser protegidos contra el calor radiante. Es también esencial que dicho sitio esté a cubierto del polvo en cuanto sea factible, pues aunque los instrumentos de tipo industrial suelen ir encerrados en cajas herméticas al polvo es raro que se pueda evitar la entrada en ellas del polvo mas fino.

Ánáisis de los gases de escape.—Los gases de escape del horno rotatorio suelen estar formados principalmente por nitrógeno, dióxido de carbono, humedad en forma de vapor recalentado, algo de oxígeno libre y en algún caso indicios de protóxido de carbono. Hay varios tipos de instrumentos utilizables para la determinación del tanto por ciento en volumen de los gases que componen la mezcla. Cuando sea necesario un análisis completo se usará ordinariamente un aparato "Orsat," del que existen diferentes modelos. Cuando se requiera un análisis parcial podrán emplearse instrumentos registradores, ordinariamente para el dióxido de carbono tan solo, pero en algunos casos también para el oxígeno o para el protóxido de carbono.

El aparato de "Orsat" consiste en un aspirador, una bureta con doble forro y circulación de agua, y pipetas de absorción. La bureta medidora va generalmente graduada de manera que se puedan hacer las lecturas directamente en décimas de centímetro cúbico y suele tener una cabida total de 100 cm.³. Para producir la aspiración de los tantos por ciento en volumen del dióxido de carbono, del oxígeno, y del protóxido de carbono; el nitrógeno se determina por diferencia. Como la temperatura a que se realiza el análisis es aproximadamente la atmosférica, el vapor que llevan los gases se condensa y puede ser despreciado desde el punto de vista de las aplicaciones prácticas.

Para la absorción del dióxido de carbono puede emplearse una solución de hidrato potásico o sódico; es preferible el primero por lo regular. Para el oxígeno puede ser usada una solución alcalina de ácido pirogálico; y para el protóxido de carbono, sea una solución ácida de cloruro cuproso, sea una solución amoniaca de cloruro cuproso. Esta última tiene mayor capacidad de absorción siendo por consiguiente preferible.

La absorción del dióxido de carbono se lleva a cabo rápidamente y en la manera mas sencilla por medio de la pipeta, pero el oxígeno y el protóxido de carbono no son absorbidos con tanta facilidad. Con objeto de abreviar el periodo de absorcion todo lo posible se han estudiado diversas formas de pipetas que en unos casos favorecen el contacto del gas con la mayor superficie posible de la solución absorbente, o en otros obligan al gas a pasar a través del medio absorbente en estado de turbulencia.

En la forma mas sencilla de pipeta, que es la indicada en la fig. 7 (pag. 156) los gases pasan por un tubo central hasta el fondo de la pipeta y de allí burbujean a través del absorbente con el cual los gases se ponen en contacto.

La figura 8 (pág. 157) representa una pipeta en la cual la absorción tiene lugar muy rápidamente y es muy eficaz para la determinación de pequeñas cantidades de oxígeno u óxido de carbono.

Su eficiencia se debe a que el gas y el absorbente se reunen en estado de turbulencia o remolino. Los gases descienden por el tubo central como en el modelo antes descrito, pero aquí el fondo o extremo inferior de dicho tubo está curvado hacia arriba y penetra en un tubo espiral de gran diámetro que llega casi hasta la tapa del recipiente exterior; la porción del tubito central que penetra en la espiral continua algo hacia arriba terminando en forma de boquilla. Así es que los gases al salir de tal boquilla hacen las veces de inyector y arrastran hacia arriba junto con ellos una cierta cantidad de reactivo que entra

por el extremo inferior abierto del tubo espiral. Los gases y el reactivo siguen juntos recorriendo todo el tubo espiral hasta la parte superior de la pipeta. Se produce una importante remoción, y los gases y el reactivo se ponen en contacto íntimo durante su recorrido del tubo espiral, de lo cual resulta una rápida absorción del gas. En la fig. 9 (pág. 157) se vé un modelo completo de aparato "Orsat" portátil.

El aparato "Orsat" puede también ser usado para determinar la presencia de ciertos hidrocarburos, así como en combinación con una bomba Hempel, para el hidrógeno y el metano; sin embargo como estos gases no se hallan contenidos en los gases del horno de cemento, no haremos más que mencionar este empleo suplementario de este útil instrumento.

El aparato "Orsat" se construye también reemplazando muchas de las piezas de vidrio por piezas metálicas, pero el método y fundamento de la determinación de los gases componentes son exactamente idénticos que los ya descritos. En la fig. 10 (pág. 158) se vé un aparato de este tipo.

Cuando se desea registrar de una manera continua el análisis de algunos de los gases componentes existen varios instrumentos registradores satisfactorios para lograr dicha finalidad, pero es necesario limitar el análisis a solo dos de dichos gases. Muchos de los instrumentos registradores se basan en la absorción; sin embargo hay algunos otros que se fundan en otros principios.

Uno de estos instrumentos adecuado para registrar la presencia del dióxido de carbono, va accionado eléctricamente y se funda en la diferencia de conductibilidad térmica entre el dióxido de carbono y el aire. El equipo completo a punto de funcionar se compone de un filtro de hollín, un aspirador de agua, y un medidor de CO_2 tal como se vé en la fig. 11 (pág. 159). El elemento CO_2 , denominado kátharómetro y representado en el fig. 12 (pág. 160) consta de dos células que contienen cada una unas espirales de platina idénticas, conectadas eléctricamente de manera que constituyan las ramas de un puente de Wheatstone. Las células van encerradas en una caja o cápsula metálica. Si se hace pasar una corriente eléctrica por las espirales antes mencionadas, estas se calientan y transmiten calor a la cápsula que envuelve las células. Su temperatura, y por consiguiente su respectiva resistencia eléctrica varía en función de la conductibilidad de los gases que las rodean.

Si circula aire solo por ambas células y a la misma velocidad de régimen la resistencia relativa de cada espiral se mantiene invariable.

En cambio cuando por una de las células circula aire y por la otra dióxido de carbono se produce en una de ellas un enfriamiento mayor que en la otra; una de las ramas del puente de Wheatstone se sale de su estado de equilibrio, produciendo una desviación del galvanómetro intercalado en el circuito; la magnitud de dicha desviación es función de la cantidad de dióxido de carbono que circula. El galvanómetro va ya graduado en tantos por ciento de dióxido de carbono. El kátharómetro, que debe ser colocado lo más cerca posible del punto en que el gas debe ser analizado, recibe el gas y el aire gracias a la aspiración que los hace circular por su interior. Los instrumentos, sean indicadores, registradores, o mixtos, pueden ser empleados en combinación con el kátharómetro que podrá ser colocado a una distancia razonable de ellos, ya que solo tienen que ir enlazados por algunos alambres conductores aislados. Estos instrumentos en general son semejantes a los usados en pirometría.

El método eléctrico en forma ligeramente modificada se usa también para determinar el tanto por ciento de protóxido de carbono o de oxígeno pero en ambos casos su determinación se obtiene por diferencia cuando dicho gas es convertido en dióxido de carbono mediante una combustión, descontando el dióxido de carbono existente ya antes de la misma.

(Continuará.)

Fabrica de cemento en Guayaquil.

HACE ya algunos años se tuvo el proyecto de montar en Guayaquil (Ecuador) una pequeña fábrica de cemento para poder aprovechar un yacimiento de caliza y arcilla de una composición que correspondía a la de un buen cemento. La casa constructora Krupp-Grusonwerk de Magdeburgo recibió el encargo de procurar que la maquinaria a instalar respondiera a una conveniente economía a pesar de tratarse de una producción de tan solo 240 barriles (41 toneladas) diarias.

La cuestión de la fuerza motriz y del accionamiento se resolvió adoptando un gran número de electromotores para accionar individualmente las máquinas en su mayor parte, con objeto de evitar transmisiones largas y con ello pérdidas de energía.

La marcha del trabajo es la usual en el método por vía seca. La arcilla plástica es conducida a un secador en el que los gases siguen su recorrido en el mismo sentido que el material que se deseca; para ello se emplea una cinta transportadora inclinada hacia arriba. Atraviesa primero un rodillo montado sobre la boca de alimentación del secador, con objeto de que sean desmenuzados los terrones demasiado gruesos. Una vez desecada pasa a una de las cavidades de un doble recipiente donde se almacena. La segunda cavidad de este recipiente sirve para depositar la piedra caliza desecada. Esta piedra a su llegada de la cantera empieza por pasar a una trituradora de la cual pasa al secador convenientemente distribuida por medio de un plato alimentador.

Dos alimentadores extraen la arcilla y la caliza del doble recipiente y la envian a una báscula de mezcla, que es indispensable para la buena y adecuada dosificación de las primeras materias. Después de esto se procede a la molienda de las primeras materias. Para ello se emplea un molino tubular combinado Krupp que se halla instalado en un mismo local con el molino del cemento, y que está dispuesto de manera que puede ser utilizado lo mismo para moler el crudo que para la molienda del cemento. Con objeto de aumentar las garantías de la seguridad de funcionamiento y la economía del mismo, las piezas delicadas y los motores que accionan los molinos se hallan instalados en un local aparte herméticamente cerrado al polvo. El crudo que sale del molino pasa a los silos de mezcla que forman un grupo de cinco; en ellos se homogeneiza adquiriendo la uniformidad indispensable para la fabricación de un cemento de alto valor.

Los vises alimentadores y los elevadores de noria conducen el crudo a la entrada de alimentación del horno que tiene 2 m. de diámetro y 30 m. de longitud. El horno se calienta con aceite mineral, del que se dispone a precio económico, con lo cual se consigue además una simplificación y abaratamiento notables de la instalación, ya que se suprime p.ej. las instalaciones de desecación y molido del carbón requeridas cuando el horno tiene que calentarse con carbón pulverizado. En un enfriador, situado debajo del horno y que lleva un tamiz en su extremo y una báscula automática, el clinker es enfriado y conducido al exterior. Unos transportadores de canalizo y unas norias distribuyen el clinker cocido a lo largo de un almacén de 38 m. de longitud y 14 m. de anchura. El clinker almacenado es recogido a mano y entregado a una noria, que lo lleva inmediatamente al silo o recipiente del molino de cemento. Para la molienda del clinker hay también un excelente molino combinado Krupp de 1,24 m. de diámetro por 8 m. de largo. Basta una vez el paso del material por él para obtenerse un producto de la máxima uniformidad. El cemento acabado es conducido por medio de tornillos y norias a los silos de

cemento formados por 10 células cuadradas y con una capacidad de alrededor de 3000 t. Bajo los silos hay una instalación de ensacadoras y envasadoras que han dado excelentes resultados. Hay asimismo un espacioso almacén con objeto de tener siempre existencias con que atender las demandas momentáneas que puedan presentarse. Favorecen mucho la marcha de la fábrica los silos de grandes dimensiones, intermediarios, que permiten regular la entrada y salida del material en los casos de interrupción de las salidas para ventas o de las entradas de primeras materias.

Fig. 1 (página 173): A, Almacén de primeras materias; B, Trituración y desecación; C, Molino de crudo; E, Accionamiento de los molinos; F, Horno rotatorio; G, Depósitos de clinker; H, Silos de cemento; J, Almacén; K, Local de envasado y carga.

La industria del cemento en el Uruguay.

EN una memoria de Mr. Keith Jopson (Vice-consul inglés en Montevideo), titulada "Condiciones económicas en el Uruguay" (Londres: H.M. Stationery Office, precio 1 sh. 6d. neto), se lee lo siguiente:

El Presidente mostró su disconformidad con el proyecto de ley propuesto por el Ministro de la Industria en que se acordaba la construcción de una fábrica de cemento Portland por cuenta del Estado; el Presidente opina que tal medida tendería a producir un monopolio del Estado y cree que si se tienen quejas respecto del coste del cemento fabricado en el país por la Compañía Uruguaya de Cemento Portland, el mejor remedio sería rebajar los derechos arancelarios que gravan la importación del cemento. Resultó que el proyecto de ley no siguió adelante, y que se propuso una ley disponiendo que mientras no se levantara una nueva fábrica capaz de competir con la industria actualmente establecida quedarían en suspenso los derechos arancelarios del 34% que hasta ahora pagaba el cemento importado, que solo tendría ya que pagar los derechos correspondientes a la Administración del Puerto.

La Compañía Uruguaya de Cemento es una moderna fábrica de cemento Portland equipada con cuatro hornos rotatorios de una capacidad total de producción de 288.000 toneladas anuales, o sea algo menos de un 28% de exceso sobre el consumo anual del país. La Compañía ha sido constituida con arreglo a las leyes uruguayas, pero es una filial de la International Cement Corporation de Nueva York. Su capital es de 5.000.000 de dólares estimándose en 6.000.000 de dólares sus instalaciones. La Compañía posee canteras propias en Minas y extrae la arcilla junto a la misma fábrica.

Sin embargo, el yeso tiene que importarlo de Alemania. Entre fábrica y canteras trabajan allí unos 500 obreros.

La importación de cemento en el Uruguay representa un importante mercado para la Gran Bretaña. En 1928 fueron importadas mas de 50.000 toneladas métricas de las que la mayor parte fué suministrada por Inglaterra y por los Estados Unidos. El año pasado ha sido favorabilísimo para los importadores de cemento inglés, ya que se ha permitido la entrada, libre de derechos de Aduana nada menos que de 86.027 sacos de 50 kgs. con destino a la construcción del nuevo Stadium. Es probable que todavía hagan falta 20.000 o 30.000 sacos mas para completar la obra.

Nuevas normas polacas.

MUY SR. MÍO:

Siendo autor de la proposición para la modificación de las Normas polacas para el cemento, me permito llamar a Vd. la atención acerca de la omisión sufrida en el número de diciembre de 1930 de la revista CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE.

Las nuevas Normas especifican una resistencia a la tracción, que para el mortero 1:3 es como sigue: A 7 días, 22 kg/cm²; a 28 días, 25 kg/cm².

Así pues representan una tentativa de aproximación a las Normas Británicas.

VARSOVIA.

ANTONI EIGER.

La industria del cemento en Polonia.

La capacidad de producción de las diez y siete fábricas de cemento que hay en Polonia asciende actualmente a unos 2.500.000 toneladas, siendo así que en 1913 solo era de 1.300.000 toneladas. Durante los tres últimos años la producción de cemento en Polonia fué como sigue:

En 1927, 808.000 toneladas; en 1928, 1.070.000 toneladas; y en 1929, 1.009.000 toneladas. Como se vé las fábricas están trabajando escasamente a la mitad de su capacidad productiva.

El consumo de cemento en el mercado nacional durante los tres últimos años osciló entre 630.000 toneladas en 1927, y 998.000 toneladas en 1928, siendo de 890.000 toneladas en 1929. El consumo medio por habitante asciende a 33 kgs. y se elevaría hasta el mismo nivel que rige en Alemania si el mercado interior polaco consumiera 3.000.000 de toneladas por año, o sea tres veces el consumo actual.

A pesar de lo distanciadas que se hallan sus fábricas de los puertos de mar, la industria polaca busca mercados exteriores a los cuales dirigir la exportación. Durante los primeros años de la post-guerra las exportaciones de cemento fueron insignificantes. Sin embargo desde 1927 la industria polaca del cemento exportó unas 120.000 toneladas en cada uno de estos tres años, principalmente a Sud-América a los países bálticos y a Oriente. La Unión polaca de Fábricas de cemento Portland está llevando a cabo una activa propaganda con el fin de aumentar el consumo nacional; propone y demuestra con modelos construidos la edificación de casas tipo construidas totalmente de hormigón con objeto de introducir en Polonia el sistema de producir en grandes series los edificios para oficinas, y esta haciendo al mismo tiempo una energética propaganda para la construcción de carreteras de hormigón. Con este último fin, todas las fábricas de cemento de Polonia formaron una agrupación "Carreteras de hormigón, Ltda," que en colaboración con el Ministerio polaco de Obras Públicas está preparando un proyecto de red de carreteras de hormigón que cubra todo el territorio polaco.

El año pasado fué montado un laboratorio de experimentación con objeto de realizar ensayos prácticos destinados a averiguar cuáles sean los mejores procedimientos desde el punto de vista del clima de Polonia y de otras diversas circunstancias. Se han construido diversas carreteras experimentales junto a Varsovia, Lwow, y en Silesia.

La industria del cemento en Polonia está organizada en un "cartel" que

comprende todas las fábricas existentes bajo el nombre de "Centrocement, Ltda." Hay ademas otras agrupaciones subordinadas de varias de las fábricas sea para una dirección comun o de conjunto, sea para la compra de primeras materias, o para la acumulación de los respectivos cupos de producción.

Revista Bibliográfica

"Zement." Por F. WECKE. (Publicado por Theodor Steinkopff, Dresde. Precio 4,80 marcos—95 páginas).

Todo quien se propone estudiar la fabricación y propiedades del cemento por medio de los libros que tratan de la materia, pronto se da cuenta de que los textos corrientes no le permiten ir muy adelante.

Rara vez tales libros dan grandes detalles de los últimos adelantos y como solo se publican de tarde en tarde resulta que se hallan al día durante muy poco tiempo. La laguna dejada entre las ediciones o publicaciones de los tratados y las ideas del día y de la experiencia diaria se salva por medio de los periódicos y revistas técnicas, que se publican en Inglaterra, Norteamérica, Francia y Alemania; estas son las que mantienen a los lectores bien informados, sea por medio de artículos originales, sea por medio de extractos de las memorias presentadas a las sociedades científicas acerca de los progresos que se realizan en la industria del cemento. Para orientarse el lector avisado, se ve obligado a hacerse un índice de los asuntos en que se ocupan las revistas; al lector que empieza a quererse orientar, el presente libro le será muy útil. Forma parte de una serie de libros que constituyen, cada uno de ellos un resumen de los adelantos técnicos de una determinada industria; su principal valor consiste en los centenares de referencias de artículos y memorias concernientes a la industria del cemento tanto en su fabricación como en sus ensayos.

El libro no se limita a ser un simple catálogo de referencias porque engloba tambien útiles resúmenes de los Pliegos de condiciones (de Alemania) el diagrama de los tres componentes, el cálculo de la composición del crudo, el balance térmico del horno, teorías del molido (Rittinger, Kick, etc.), cálculo de la fuerza necesaria para un molino tubular, composición química del clinker, etc. Su carácter de actualidad se ve enseguida con solo observar las descripciones y referencias de artículos y trabajos sobre cementos de endurecimiento rápido, sobre hornos rotatorios con parrilla de cadena, sobre fabricación de cemento blanco, sobre enfriadores integrales, filtración de la pasta y sobre pulverizadores de pasta.

Como ejemplo de lo completo de esta obra y de su carácter especializado en materia de bibliografía, diremos que hay casi cincuenta referencias a los colectores de polvo y una docena o mas de trabajos sobre cada uno de los temas de mayor actualidad como son los ensayos de levigación para determinación de la finura, las maquinas de envasar cemento y los revestimientos de los hornos.

El autor es desde luego muy ducho en las materias que interesan a los fabricantes de cemento, y merece un voto de gracias por haber logrado condensar tal caudal de datos en tan pocas páginas. No hay "relleno" en este libro; se halla profusamente ilustrado pero se observa la ausencia de aquellos grabados consagrados por el tiempo y que figuran en la mayor parte de los tratados de los últimos 20 años.

Es un detalle característico de este libro el elevado número de patentes (cerca de 200) que cita relacionadas con diferentes máquinas y procedimientos. Si bien el libro está en alemán solo hace falta poseer una ligera noción de este idioma par hacerse cargo de las referencias que cita.—S.G.S.P.